

Caracterización y modelización del flujo hídrico y la dinámica salina en un green
experimental con diferentes sustratos

El Dr. **Ignacio Morell Evangelista**, Catedrático de Hidrogeología de la Universitat Jaume I de Castellón

Certifica:

La Tesis Doctoral “CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO HÍDRICO Y LA DINÁMICA SALINA EN UN GREEN EXPERIMENTAL CON DIFERENTES SUSTRATOS” ha sido desarrollada bajo su dirección, en el Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas de la Universitat Jaume I , por **Gladys Liliana Bandenay Egoávil**.

Castellón de la Plana a 16 de octubre de 2013.

Dr. Ignacio Morell Evangelista

Esta Tesis ha sido realizada para la obtención del título de Doctorado en Hidrogeología de la Universitat Jaume I.

Previamente a la defensa de la Tesis Doctoral, este trabajo ha sido evaluado por dos censoras independientes directamente relacionados con el área de investigación, Dra. María Vicenta Esteller Alberich (Universidad Autónoma del Estado de México) y Dra. Lucila Candela Lledó (Universidad Politécnica de Cataluña).

Agradecimientos

Quiero agradecer el apoyo de las personas e instituciones que han hecho posible esta investigación.

En primer lugar agradezco a Ignacio Morell, mi maestro, por su dirección, conocimientos y saber estar. También a Félix Hernández, director del Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas, en el que se ha realizado esta investigación.

A mis compañeras del Grupo de Recursos Hídricos, Arianna Renau y Sandra Renau (no son hermanas) por su apoyo en las labores de campo y su siempre buena disposición.

A mis compañeras de investigación, Iraides Fernández, Elisa David y Silvia Fabregat por haber aportado sus conocimientos y sus esfuerzos en las labores de campo y laboratorio. También a Diego Mateu y Teresa Bellido que, aunque se integraron al final de la investigación, han aportado a ella.

A José Marín, del IUPA, por su ayuda en la elección y determinación de plaguicidas para los que elaboró un método especial y a Toni Roig por su ayuda con la absorción atómica.

A Gemma Camañes y M^a Victoria Pastor por su ayuda con el cromatógrafo iónico en la determinación de los aniones.

A los directivos y el personal del Club de Campo del Mediterráneo (Borriol, Castellón) por el apoyo económico que hizo posible la construcción y el mantenimiento del green experimental. Quiero mencionar con especial gratitud a Valentín Pérez, greenkeeper del campo, colaborador convencido de este proyecto y portador de una sonrisa incluso en los días más duros.

A Pepín y Marino Cabo, de MGM, por sus conocimientos técnicos sobre el golf, aportados de tan buena gana y que siempre tuvimos la suerte de recibir.

A las instituciones que hicieron posible este proyecto gracias a su aporte económico. A la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua (Murcia) y a su director general, Francisco Cabezas, por la confianza que depositaron en nosotros; a la Fundación Caja Castellón Bancaja, por su valiosa ayuda a la investigación; a Manuel González, director de TerraVida por su colaboración y su interés en el comportamiento del TerraCotten, y a Semillas Dalmau por facilitarnos sus productos para el green experimental.

Finalmente quiero agradecer a Xavi y a Salvador porque son mi luz y a mi gran familia por su amor y su apoyo.

Si quieres un año de prosperidad, planta arroz.
Si quieres diez años de prosperidad, planta árboles.
Si quieres prosperidad para siempre, educa un pueblo.
(Proverbio Chino)

Resumen

La construcción de un green experimental compuesto de cinco parcelas de distinta composición: 100% arena (2), arena enmendada con turba, arena enmendada con hidrogel y arena doblemente enmendada con turba e hidrogel, y su equipamiento para la medición de las entradas y salidas de agua, humedad, salinidad del sustrato y parámetros climáticos, permiten determinar el requerimiento hídrico del césped para obtener una buena calidad visual de la hierba, modelizar el flujo hídrico y evaluar los riesgos de salinidad en cada uno de los sustratos.

En función del año y la parcela, las entradas variaron entre 1447 y 2081 mm. El drenaje está comprendido entre el 19 y el 29% de las entradas en las parcelas con hidrogel y entre 33 y 40% en las parcelas no enmendadas. La tasa de evapotranspiración en las primeras supera el 70% mientras que en las segundas ronda el 60%.

El riego es la principal fuente de sales de los sustratos. El balance de masas indica que en todos ellos ocurre acumulación de ión cloruro. Durante la investigación, la acumulación de este ión se encuentra entre 22,3 y 40,1 g/m²/año; los mayores valores corresponden a los sustratos enmendados con hidrogel. En ninguno de los sustratos la acumulación de cloruro y consecuente incremento de la conductividad eléctrica del agua del suelo afectan el césped. En general, se encuentra que las lluvias tienen mayor efectividad en el lavado de los sustratos que el exceso de riego para generar drenaje (fracción de lavado), por lo que confirma que las lluvias de otoño en la región mediterránea son de gran importancia en la reducción de sales en los suelos.

El modelo HYDRUS 1D representa adecuadamente el flujo del agua en todos los sustratos cuando el riego es frecuente ya que predomina el flujo uniforme (E entre 0,67 y 0,96). Cuando las condiciones cambian, la efectividad del modelo se reduce aunque sigue siendo aceptable para casi todas las parcelas (E entre 0,57 y 0,88).

El análisis de posibles escenarios indica que la frecuencia de riego afecta a la absorción de agua por las raíces, que el riego por reposición de la evapotranspiración de referencia genera bajos niveles de humedad en los sustratos y promueve el flujo preferencial, y que el hidrogel puede conseguir una reducción adicional del 30% del agua sin afectar a la calidad del césped.

Abstract

An experimental green consisting of five plots of different composition: 100% sand (2), sand amended with peat, sand amended with hydrogel and sand amended with peat and hydrogel was constructed and equipped for the measurement of water inputs, drainage, water content, salinity and climatic parameters in order to determine the water requirements, to model water flow and to assess salinity risk.

Depending on the year and the plot water inputs ranged between 1447 and 2081 mm. The drainage was between 19 and 29% of the entries in the plots with hydrogel and between 33 and 40% in the plots without this amendment. The evapotranspiration rate of the “hidrogel” plots exceeds 70% while in the others is around 60%.

Irrigation is the main source of salts in the experimental green plots. The mass balance indicates that chloride accumulates in all of them due to irrigation. During the investigation, the accumulation of chloride lies between 22,3 and 40,1 g/m²/year; the higher values correspond to substrates amended with hydrogel. In none of the substrates the accumulation of chloride and consequent increase in electrical conductivity of the soil water affects turf quality. In general, rainfall is more effective in salt leaching than the common practice of applying an extra volume of irrigation water (leaching fraction), confirming that the autumn rainfall in the mediterranean region is of great importance in the reduction of salts in soils.

HYDRUS 1D adequately represents the water flow in all substrates when irrigation is frequent since uniform flow is promoted (E between 0,67 and 0,96). When conditions change, the effectiveness of the model is reduces but is still acceptable for almost all plots (efficiency between 0,57 and 0,88).

Scenarios analysis indicate that the frequency of irrigation affects root water uptake, also that replacing ET_o generates low levels of moisture that promote preferential flow, and that the addition of hydrogel can lead to an additional reduction of 30% of irrigation water without affecting the quality of the turf.

Índice

1. Introducción.....	3
1.1. Justificación.....	3
1.2. Presentación	4
1.3. Objetivos.....	8
2. El green experimental	11
2.1. Construcción del green experimental	11
2.1.1. Ubicación.....	11
2.1.2. Datos generales.....	12
2.1.3. Sistema de drenaje	14
2.1.4. Sistema de riego.....	15
2.2. Equipamiento complementario	17
2.2.1. Estación meteorológica.....	17
2.2.2. Sensores	18
2.2.2.1. Sensores 10HS	20
2.2.2.2. Sensores 5TE	21
2.2.2.3. Sensores HUMIDEC	22
2.2.2.4. Calibración de los sensores.....	23
2.3. Actividades agronómicas	29
2.3.1. Siembra.....	29
2.3.2. Fertilizaciones.....	30
2.3.3. Aplicación de plaguicidas.....	31
2.3.4. Riego.....	33
2.3.5. Siega	34
2.3.6. Pinchado	35
2.3.7. Verticut	36
2.4. Parámetros hidráulicos	37
2.4.1. Textura, materia orgánica	37
2.4.2. Densidad aparente.....	38
2.4.3. Porosidad y capacidad de campo	39
2.4.4. Tasa de Infiltración	41

IV

4.1.2. Tipos de flujo	126
4.1.2.1. Flujo saturado.....	126
4.1.2.2. Flujo no saturado.....	126
4.1.3. Características del flujo no saturado.....	129
4.2. Observaciones preliminares	132
4.3. La parcela 4 (100% arenosa).....	137
4.3.1. Aplicación del trazador fluoresceína - parcela 4	143
4.4. La parcela 2 (enmienda – materia orgánica)	147
4.4.1. Aplicación del trazador fluoresceína – parcela 2.....	154
4.5. La parcela 3 (enmienda - hidrogel)	157
4.5.1. Aplicación del trazador fluoresceína – parcela 3.....	163
4.6. La parcela 1 (enmienda - materia orgánica e hidrogel).....	165
4.6.1. Aplicación del trazador fluoresceína – parcela 1.....	171
4.7. Modelo conceptual de flujo.....	174
 5. Simulación del flujo hídrico.....	 181
5.1. Introducción.....	181
5.2. El modelo HYDRUS 1D.....	182
5.2.1. Parámetros hidráulicos.....	183
5.2.1.1. Funciones de edafotransferencia.....	184
5.2.1.2. Solución inversa.....	185
5.2.2. Parámetros de absorción de agua.....	186
5.2.2.1. Evaporación o Transpiración	187
5.3. Evaluación de la validez del modelo.....	188
5.4. Inputs	189
5.4.1. Asunciones iniciales	189
5.4.2. Geometría de los perfiles	190
5.4.3. Las condiciones de contorno	190
5.4.4. Periodo de modelización (calibración)	191
5.4.5. Parámetros hidráulicos.....	192
5.5. Resultados y eficiencia.....	194
5.5.1. Calibración	195
5.5.2. Validación	199
5.5.2.1. Validación 1	200

5.5.2.2. Validación 2	202
5.5.3. Análisis de sensibilidad	205
5.5.3.1. Sensibilidad en la predicción del drenaje acumulado	206
5.5.3.2. Sensibilidad en la representación del flujo.....	206
5.6. Influencia de las enmiendas en las propiedades hidráulicas del sustrato arenoso según HYDRUS 1D.....	213
5.7. Escenarios.....	217
5.7.1. Variación de la frecuencia de riego.....	217
5.7.2. Reposición del 100% de la Evapotranspiración de referencia.....	225
5.7.3. Disminución paulatina de los riegos	228
6. Dinámica salina	233
6.1. Introducción	233
6.1.1. Afección al cultivo	234
6.1.2. Afección al suelo.....	237
6.2. El transporte de los solutos	239
6.3. Balance de masas – ión cloruro.....	240
6.3.1. Entradas	241
6.3.2. Salidas	242
6.3.3. Acumulación.....	244
6.4. Los lavados	251
6.5. La conductividad eléctrica en los sustratos	259
6.5.1. La variación de la conductividad del agua de drenaje.....	261
6.5.2. La variación de la conductividad en el suelo – CE ₁₈	268
7. Conclusiones	277
7.1. Requerimiento de agua	277
7.2. Drenaje	278
7.3. Almacenamiento.....	278
7.4. El flujo del agua.....	279
7.5. Modelo	280
7.6. Escenarios.....	281
7.7. Dinámica salina	281

8. Recomendaciones.....	282
8.1. Sobre el requerimiento de agua y la variedad de césped.....	282
8.2. Sobre el control del riego.....	282
8.3. Sobre el papel de las enmiendas.....	282
8.4. Sobre los lavados.....	283
8.5. Sobre la investigación en los campos de golf.....	283
8.6. Continuación del estudio.....	283
 Bibliografía	 287

Anexos

Formato digital (CD anexo)

Índice de figuras

Figura 2.1 Ubicación del Club de Campo del Mediterráneo (Google maps).....	11
Figura 2.2 Green experimental.....	11
Figura 2.3 Esquema de construcción de las parcelas. Cortes transversal y longitudinal	12
Figura 2.4 Esquema de disposición de las parcelas en el green experimental y vista real de la construcción	13
Figura 2.5 Curva granulométrica de la arena utilizada en la construcción del green	14
Figura 2.6 Esquema de colección de lixiviados.....	15
Figura 2.7 Esquema del sistema de riego del green experimental	15
Figura 2.8 Instalación del sistema de riego en el green experimental	16
Figura 2.9 Control de riego	16
Figura 2.10 Estación meteorológica	18
Figura 2.11 Evolución de la evapotranspiración de referencia en el periodo entre 02/2009 y 10/2010	18
Figura 2.12 Sensores instalados en las parcelas del green experimental	19
Figura 2.13 Sensor 10HS.....	20
Figura 2.14 Sensor 5TE.....	21
Figura 2.15 Sensor HUMIDEC	22
Figura 2.16 Relación entre la conductancia y θ_v en suelos arcillosos (Bisquert et al., 2008).....	23
Figura 2.17 Recta de calibración – Parcela 1 - 24 cm	25
Figura 2.18 Recta de calibración – Parcela 1 - 24 cm	25
Figura 2.19 Recta de calibración – Parcela 1 - 24 cm	26
Figura 2.20 Recta de calibración – Parcela 1 - 24 cm	26
Figura 2.21 Recta de calibración – Parcela 2- 12 cm	27
Figura 2.22 Recta de calibración – Parcela 2- 12 cm	27
Figura 2.23 Comparación de la lectura de humedad volumétrica, sensores DECAGON (10HS) y XOP (Humidec).....	28
Figura 2.24 Comparación de la lectura de humedad volumétrica, sensores 10HS y HUMIDEC a 12 cm de profundidad.....	28
Figura 2.25 Comparación de la lectura de humedad volumétrica, sensores 10HS y HUMIDEC a 24 cm de profundidad	29
Figura 2.26 Aplicación de plaguicidas	32
Figura 2.27 Dirección de siega en los greens	34
Figura 2.28 Siega del green experimental	35
Figura 2.29 Superficie del green experimental después del pinchado	35
Figura 2.30 Pinchado en el green experimental.....	36
Figura 2.31 Superficie del green después del verticut	37
Figura 2.32 Infiltrómetro de doble anillo	41
Figura 2.33 Infiltrómetro IN2-W.....	42
Figura 2.34 Ejemplo de determinación de la tasa de infiltración – Parcela 4.....	42
Figura 2.35 Evolución de la tasa de infiltración de	43

Figura 3.1 Representación del balance hídrico.....	47
Figura 3.2. Régimen mensual de lluvias - años 2009 a 2011	50
Figura 3.3 Riego en las parcelas - año 2009.....	53
Figura 3.4 Comparación del riego en las parcelas - año 2010.....	53
Figura 3.5 Comparación del riego en las parcelas - año 2011	53
Figura 3.6 Evolución de la humedad en el interior de la parcela 5 (mayo a octubre 2010).....	54
Figura 3.7 Frecuencia de riego - año 2009	60
Figura 3.8 Frecuencia de riego - año 2010	61
Figura 3.9 Frecuencia de riego – año 2011.....	61
Figura 3.10 Intensidad de riegos – año 2009 - parcela 2	63
Figura 3.11 Intensidad de riegos – año 2009 – parcela 4.....	63
Figura 3.12 Intensidad de riegos – año 2010 – parcela 1	64
Figura 3.13 Intensidad de riegos – año 2010 – parcela 2	64
Figura 3.14 Intensidad de riegos – año 2010 – parcela 3	64
Figura 3.15 Intensidad de riegos – año 2010 – parcela 4	64
Figura 3.16 Intensidad de riegos – año 2011 – parcela 1	65
Figura 3.17 Intensidad de riegos – año 2011 – parcela 2	65
Figura 3.18 Intensidad de riegos – año 2011 – parcela 3	65
Figura 3.19 Intensidad de riegos – año 2011 – parcela 4	65
Figura 3.20 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en los años 2010 y 2011 – parcela 1	73
Figura 3.21 Variación de la humedad a 12, 18 y 24 cm en los años 2010 y 2011 – parcela 2	73
Figura 3.22 Variación de la humedad a 12, 18 y 24 cm en los años 2010 y 2011 – parcela 3	74
Figura 3.23 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en los años 2010 y 2011 – parcela 4	74
Figura 3.24 Variación de la humedad a 12 cm en el año 2010 – parcela 2.....	75
Figura 3.25 Variación de la humedad a 18 cm en el año 2010 – parcela 2.....	75
Figura 3.26 Variación de la humedad a 24 cm en el año 2010 – parcela 2.....	76
Figura 3.27 Esquema del proceso de drenaje (Fuente: Porta et al., 1999).....	78
Figura 3.28 Determinación de la capacidad de campo a 18 cm de profundidad – parcela 3	79
Figura 3.29 Agua disponible para las plantas (PAW) – comparación parcelas 2 y 4103	81
Figura 3.30 Agua disponible para las plantas (PAW) – comparación parcelas 3 y 4	82
Figura 3.31 Agua disponible para las plantas (PAW) – comparación parcelas 1 y 4.....	82
Figura 3.32 Agua disponible para las plantas (PAW)– comparación parcelas enmendadas	83
Figura 3.33 División de las parcelas por secciones para el cálculo del almacenamiento con 2 sensores. .85	
Figura 3.34 División de las parcelas por secciones para el cálculo del almacenamiento con 3 sensores ..86	
Figura 3.35 Parcela 1 - Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011.....	90
Figura 3.36 Parcela 2 - Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011.....	91
Figura 3.37 Parcela 3 - Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011.....	91
Figura 3.38 Parcela 4 - Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011.....	91
Figura 3.39 Fechas con similar humedad en el sustrato, entre las que $\Delta V=0$	96
Figura 3.40 Intervalo de cálculo de la evapotranspiración real diaria	99

Figura 3.41 Variación de la evapotranspiración real y de referencia en el mes de abril 2010 en la parcela 1	101
Figura 3.42 Variación diaria de la evapotranspiración real y de referencia - parcela 1	101
Figura 3.43 Variación diaria de la evapotranspiración real y de referencia - parcela 2	102
Figura 3.44 Variación diaria de la evapotranspiración real y de referencia - parcela 3	102
Figura 3.45 Variación diaria de la evapotranspiración real y de referencia - parcela 4	102
Figura 3.46 Efecto de la temperatura máxima sobre la evapotranspiración – Parcela 1	104
Figura 3.47 Efecto de la temperatura máxima sobre la evapotranspiración – Parcela 2	105
Figura 3.48 Efecto de la temperatura máxima sobre la evapotranspiración – Parcela 3	105
Figura 3.49 Efecto de la temperatura máxima sobre la evapotranspiración – Parcela 4	105
Figura 3.50 Variación de EVT mensual de todas las parcelas y de ET_o	107
Figura 3.51 Año 2010 - Efecto de la materia orgánica sobre la evapotranspiración	108
Figura 3.52 Variación del coeficiente de cultivo en las parcelas 2 y 4 – 2010	109
Figura 3.53 Desarrollo característico del césped de clima frío. Fuente: http://www.american-lawns.com	110
Figura 3.54 Año 2010 - Efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración – Sustratos con materia orgánica	112
Figura 3.55 Año 2010 - Efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración – Sustrato 100% arena	112
Figura 3.56 Parcela 2 - Comparación de EVT en 2010 y 2011	114
Figura 3.57 Parcela 4 - Comparación de EVT en 2010 y 2011	115
Figura 3.58 Año 2011 - Efecto de la materia orgánica sobre la evapotranspiración	116
Figura 3.59 Año 2011 - Efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración – sustrato con materia orgánica	118
Figura 3.60 Año 2011 - Efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración – sustrato 100% arena	118
Figura 4.1 Triángulo textural de clasificación del suelo (USDA)	124
Figura 4.2 Esquema de las fuerzas actuantes sobre el agua en el suelo	125
Figura 4.3 Relación entre la conductividad hidráulica relativa $K(\theta)/K_s$ y el contenido de agua θ	128
Figura 4.4 Curva de retención de un sustrato arenoso	127
Figura 4.5 Avance del frente de humedad cuando el suelo está seco	129
Figura 4.6 Esquema de flujo pistón	130
Figura 4.7 Relación entre la humedad volumétrica (θ) y la conductividad hidráulica (K)	130
Figura 4.8 Frente de humedad uniforme	131
Figura 4.9 Frente de humedad con vías de flujo preferencial	131
Figura 4.10 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en la parcela 4 (22/09/10 al 22/10/10)	133
Figura 4.11 Comparación de la variación de la humedad a 12 cm	133
Figura 4.12 Comparación de la variación de la humedad a 24 cm	134
Figura 4.13 Parcela 4 - Relación entre la humedad a 12 y 24 cm de profundidad	135
Figura 4.14 Parcela 3 - Relación entre la humedad a 12 y 24 cm de profundidad	135
Figura 4.15 Parcela 2 - Relación entre la humedad a 12 y 24 cm de profundidad	136
Figura 4.16 Parcela 1 - Relación entre la humedad a 12 y 24 cm de profundidad	136
Figura 4.17 Esquema de la distribución del agua en el perfil del sustrato – parcela 4	137

Figura 4.18 Parcela 4 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm.....	138
Figura 4.19 Parcela 4 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm ..	138
Figura 4.20 Parcela 4 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 2,48 mm.....	140
Figura 4.21 Parcela 4 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 6,06 mm.....	141
Figura 4.22 Parcela 4 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm	142
Figura 4.23 Parcela 4 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm	142
Figura 4.24 Esquema de aplicación de trazador en la parcela 4	143
Figura 4.25 Parcela 4 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (18/11/10).....	143
Figura 4.26 Parcela 4 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (18/11/10).....	144
Figura 4.27 Parcela 4 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (28/03/11).....	145
Figura 4.28 Parcela 4 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (28/03/11).....	145
Figura 4.29 Parcela 4 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (12/01/11).....	146
Figura 4.30 Parcela 4 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (12/01/11).....	147
Figura 4.31 Esquema de la distribución del trazador en el sustrato de la parcela 4 y curva de ruptura asociada (Abdou y Flury, 2004).....	147
Figura 4.32 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en la parcela 2 (22/09/10 al 22/10/10).....	148
Figura 4.33 Esquema de la distribución del agua en el perfil del sustrato – parcela 2	149
Figura 4.34 Parcela 2 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm.....	149
Figura 4.35 Parcela 2 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm ..	150
Figura 4.36 Parcela 2 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm.....	150
Figura 4.37 Parcela 2 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 2,61 mm.....	151
Figura 4.38 Parcela 2 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 6,36 mm.....	152
Figura 4.39 Parcela 2 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm	153
Figura 4.40 Parcela 2 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm	153
Figura 4.41 Parcela 2 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (18/11/10).....	154
Figura 4.42 Parcela 2 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (18/11/10).....	155
Figura 4.43 Parcela 2 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (12/01/11).....	156
Figura 4.44 Parcela 2 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (12/01/11).....	156
Figura 4.45 Esquema de la distribución del trazador en el sustrato de la parcela 2 y curva de ruptura asociada.....	157
Figura 4.46 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en la parcela 3 (22/09/10 al 22/10/10).....	158
Figura 4.47 Esquema de la distribución del agua en el perfil del sustrato – parcela 3	158
Figura 4.48 Parcela 3 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm.....	159
Figura 4.49 Parcela 3 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm ..	159
Figura 4.50 Parcela 3 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 2,71 mm.....	160
Figura 4.51 Parcela 3 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 6,45 mm.....	161
Figura 4.52 Parcela 3 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm	162

Figura 4.53 Parcela 3 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm	162
Figura 4.54 Parcela 3 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (18/11/10).....	163
Figura 4.55 Parcela 3 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (12/01/11).....	164
Figura 4.56 Parcela 3 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (12/01/11).....	165
Figura 4.57 Esquema de la distribución del trazador en el sustrato de la parcela 3 y curva de ruptura asociada.....	165
Figura 4.58 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en la parcela 1 (22/09/10 al 22/10/10).....	166
Figura 4.59 Parcela 1 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm.....	167
Figura 4.60 Parcela 1 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm ..	167
Figura 4.61 Esquema de la distribución del agua en el perfil del sustrato – parcela 1	168
Figura 4.62 Parcela 1 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 3,93 mm.....	169
Figura 4.63 Parcela 1 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm	170
Figura 4.64 Parcela 1 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm	170
Figura 4.65 Parcela 1 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (18/11/10).....	171
Figura 4.66 Parcela 1 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (18/11/10).....	172
Figura 4.67 Parcela 1 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (12/01/11).....	172
Figura 4.68 Parcela 1 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (12/01/11).....	173
Figura 4.69 Parcela 4 - Perfil del sustrato y velocidad del frente de humedad.....	173
Figura 4.70 Parcela 2 - Perfil del sustrato y velocidad del frente de humedad.....	173
Figura 4.71 Parcela 3 - Perfil del sustrato y velocidad del frente de humedad.....	174
Figura 4.72 Parcela 1 - Perfil del sustrato y velocidad del frente de humedad.....	174
Figura 4.73 Esquema de las capas que componen las parcelas del green experimental	176
Figura 5.1 Modelo Hydrus 1D– pantalla introductoria.....	189
Figura 5.2 Parcela 1 – Humedad real (O) vs Predicción (P).....	195
Figura 5.3 Parcela 1 – Humedad real vs Predicción	195
Figura 5.4 Parcela 2 – Humedad real (O) vs Predicción (P).....	195
Figura 5.5 Parcela 2 – Humedad real vs Predicción	195
Figura 5.6 Parcela 3 – Humedad real (O) vs Predicción (P).....	196
Figura 5.7 Parcela 3 – Humedad real vs Predicción	196
Figura 5.8 Parcela 4 – Humedad real (O) vs Predicción (P).....	196
Figura 5.9 Parcela 4 – Humedad real vs Predicción	196
Figura 5.10 Parcela 1 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción	198
Figura 5.11 Parcela 2 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción	198
Figura 5.12 Parcela 3 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción	198
Figura 5.13 Parcela 4 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción	198
Figura 5.14 Parcela 2 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 1	200
Figura 5.15 Parcela 2 – Humedad real vs Predicción – Validación 1	200
Figura 5.16 Parcela 4 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 1	200

Figura 5.17 Parcela 4 – Humedad real vs Predicción – Validación 1	200
Figura 5.18 Parcela 2 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción – Validación 1	201
Figura 5.19 Parcela 4 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción – Validación 1	201
Figura 5.20 Parcela 1 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 2	202
Figura 5.21 Parcela 1 – Humedad real vs Predicción – Validación 2	202
Figura 5.22 Parcela 2 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 2	203
Figura 5.23 Parcela 2 – Humedad real vs Predicción – Validación 2	203
Figura 5.24 Parcela 3 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 2	203
Figura 5.25 Parcela 3 – Humedad real vs Predicción – Validación 2	203
Figura 5.26 Parcela 4 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 2	203
Figura 5.27 Parcela 4 – Humedad real vs Predicción – Validación 2	203
Figura 5.28 Comparación de las curvas de retención de las zonas superficiales de las parcelas	214
Figura 5.29 Comparación de las curvas de retención de las parcelas 100% arenosa (P4) y enmendada con materia orgánica (P2)	214
Figura 5.30 Comparación de las curvas de retención de las parcelas 100% arenosa (P4) y enmendada con hidrogel (P3)	215
Figura 5.31 Comparación de las curvas de retención de las parcelas 100% arenosa (P4) y enmendada con hidrogel (P3)	216
Figura 5.32 Comparación de las curvas de retención de las parcelas arenosa enmendada con hidrogel (P3) y doblemente enmendada	216
Figura 5.33 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 2-0	220
Figura 5.34 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-0-	220
Figura 5.35 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-1	220
Figura 5.36 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-2-	220
Figura 5.37 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-3	220
Figura 5.38 Parcela 1 - Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua y el drenaje	220
Figura 5.39 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 2-0	221
Figura 5.40 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-0	221
Figura 5.41 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-1	221
Figura 5.42 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-2	221
Figura 5.43 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-3	221
Figura 5.44 Parcela 2 - Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua y el drenaje	221
Figura 5.45 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 2-0	222
Figura 5.46 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-0	222
Figura 5.47 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-1	222
Figura 5.48 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-2	222
Figura 5.49 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-3	222
Figura 5.50 Parcela 3- Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua y el drenaje	222
Figura 5.51 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 2-0	223
Figura 5.52 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-0	223
Figura 5.53 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-1	223

Figura 5.54 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-2	223
Figura 5.55 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-3	223
Figura 5.56 Parcela 4- Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua y el drenaje	223
Figura 5.57 Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua por las raíces	224
Figura 5.58 Influencia de la frecuencia de riego sobre el drenaje	225
Figura 5.59 Parcela 1 – Humedad real y predicción del modelo – Riego real julio 2010	226
Figura 5.60 Parcela 1 –Predicción de humedad -Riego de reposición de ET_0	226
Figura 5.61 Parcela 2 – Humedad real y predicción del modelo – Riego real julio 2010	226
Figura 5.62 Parcela 2 –Predicción de humedad -Riego de reposición de ET_0	226
Figura 5.63 Parcela 3 – Humedad real y predicción del modelo – Riego real julio 2010	227
Figura 5.64 Parcela 3 –Predicción de humedad -Riego de reposición de ET_0	227
Figura 5.65 Parcela 4 – Humedad real y predicción del modelo – Riego real julio 2010	227
Figura 5.66 Parcela 4 –Predicción de humedad -Riego de reposición de ET_0	227
Figura 5.67 Absorción de agua por las raíces ante la reducción del riego en las parcelas con hidrogel ..	229
Figura 5.68 Drenaje acumulado ante la reducción del riego en las parcelas con hidrogel	230
Figura 6.1 Esquema del balance de sales en las parcelas del green experimental	240
Figura 6.2 Parcela 1 – Relación entre CE y la concentración de cloruros	242
Figura 6.3 Parcela 2 – Relación entre CE y la concentración de cloruros	242
Figura 6.4 Parcela 3 – Relación entre CE y la concentración de cloruros	242
Figura 6.5 Parcela 4 – Relación entre CE y la concentración de cloruros	242
Figura 6.6 Parcela 1 – Relación entre CE y la concentración de sulfatos.....	243
Figura 6.7 Parcela 2 – Relación entre CE y la concentración de sulfatos.....	243
Figura 6.8 Parcela 3 – Relación entre CE y la concentración de sulfatos.....	243
Figura 6.9 Parcela 4 – Relación entre CE y la concentración de sulfatos.....	243
Figura 6.10 Parcela 1 – Relación entre CE y la concentración de nitratos	243
Figura 6.11 Parcela 1 – Relación entre CE y la concentración de fosfatos	243
Figura 6.12 Acumulación de cloruro durante la investigación	245
Figura 6.13 Acumulación de cloruro en la parcela 4.....	246
Figura 6.14 Acumulación de cloruro en todas las parcelas	246
Figura 6.15 Comparación entre la acumulación de cloruro en los sustratos del green experimental y un suelo arcillo-limoso que recibe similar entrada de este ión.....	249
Figura 6.16 Perfil de cloruros en las parcelas del green experimental (julio 2013).....	249
Figura 6.17 Masa neta de cloruro lavada por las lluvias según su intensidad y año de observación	253
Figura 6.18 Lavado relativo de sales de todas las entradas - año 2009	254
Figura 6.19 Lavado relativo de sales debido al riego – año 2009.....	254
Figura 6.20 Lavado relativo de sales de todas las entradas - año 2010	255
Figura 6.21 Lavado relativo de sales de todas las entradas - año 2011	255
Figura 6.22 Lavado de sales por riegos – Parcela 2.....	257
Figura 6.23 Lavado de sales por riegos Parcela 1 (enmendada con hidrogel).....	257
Figura 6.24 Acumulación de cloruro según el drenaje relativo – Parcela 2	258

Figura 6.25 Acumulación de cloruro según el drenaje relativo – Parcela 1	258
Figura 6.26 Parcela 3 - Conductividad eléctrica del agua del suelo	260
Figura 6.27 Parcela 3 – CE a 18 cm y valor diario a humedad máxima.....	260
Figura 6.28 Parcela 1 – Variación de la conductividad eléctrica del agua de drenaje.....	261
Figura 6.29 Parcela 2 - Variación de la conductividad eléctrica del agua de drenaje.....	262
Figura 6.30 Parcela 3 - Variación de la conductividad eléctrica del agua de drenaje.....	262
Figura 6.31 Parcela 4 - Variación de la conductividad eléctrica del agua de drenaje.....	262
Figura 6.32 Parcela 1 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las fertilizaciones	263
Figura 6.33 Parcela 2 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las fertilizaciones	263
Figura 6.34 Parcela 3 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las fertilizaciones	263
Figura 6.35 Parcela 4 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las fertilizaciones	264
Figura 6.36 Parcela 1 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las precipitaciones	264
Figura 6.37 Parcela 2 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las precipitaciones.....	265
Figura 6.38 Parcela 3 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las precipitaciones.....	265
Figura 6.39 Parcela 4 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las precipitaciones.....	265
Figura 6.40 Parcela 1 – Acumulación de cloruro y CE del agua de drenaje.....	266
Figura 6.41 Parcela 2 – Acumulación de cloruro y CE del agua de drenaje.....	266
Figura 6.42 Parcela 3 – Acumulación de cloruro y CE del agua de drenaje.....	266
Figura 6.43 Parcela 4 – Acumulación de cloruro y CE del agua de drenaje.....	267
Figura 6.44 Parcela 2 – Conductividad del agua de drenaje y masa de cloruro que abandona el perfil ..	267
Figura 6.45 Conductividad eléctrica del agua de drenaje en todas las parcelas	268
Figura 6.46 Parcela 1 - Conductividad eléctrica del suelo a 18 cm (sensor) y a 30 cm (drenaje)	269
Figura 6.47 Parcela 2 - Conductividad eléctrica del suelo a 18 cm (sensor) y a 30 cm (drenaje)	269
Figura 6.48 Parcela 3 - Conductividad eléctrica del suelo a 18 cm (sensor) y a 30 cm (drenaje)	269
Figura 6.49 Parcela 5 (similar a la 4) - Conductividad eléctrica del suelo a 18 cm (sensor) y a 30 cm (drenaje).....	270
Figura 6.50 Parcela 3 - Efecto de las lluvias en la relación entre CE_{18} y CE_{30}	270
Figura 6.51 Parcela 1 – Desfase entre máximos y mínimos de CE alcanzados a 18 y 30 cm	272
Figura 6.52 Parcela 1 – Desfase entre máximos y mínimos de CE alcanzados a 18 y 30 cm	273
Figura 6.53 Parcela 1 – Desfase entre máximos y mínimos de CE alcanzados a 18 y 30 cm	273
Figura 6.54 Parcela 1 – Desfase entre máximos y mínimos de CE alcanzados a 18 y 30 cm	273

Índice de tablas

Tabla 1.1 Zonas del campo de golf y su superficie	4
Tabla 1.2 Labores de mantenimiento de los greens en los campos de golf	5
Tabla 1.3 Consumo de agua en los campos de golf según regiones	5
Tabla 1.4 Distribución del tamaño de partícula para un green. Recomendación USGA (USGA, 2004)	6
Tabla 2.1 Características constructivas de las parcelas	13
Tabla 2.2 Caudal de riego en el green experimental.....	17
Tabla 2.3 Sensores instalados en el green experimental.....	19
Tabla 2.4 Densidad aparente de cada parcela	24
Tabla 2.5 Ecuaciones de calibración de los sensores DECAGON (LS = Lectura del Sensor).....	24
Tabla 2.6 Ecuaciones de calibración de los sensores HUMIDEC (LS = Lectura del Sensor).....	26
Tabla 2.7 Fertilizaciones realizadas.....	30
Tabla 2.8 Entradas de nitrógeno proveniente de las fertilizaciones (g/m ²).....	31
Tabla 2.9 Aplicación de plaguicidas a la parcela experimental.....	32
Tabla 2.10 Dosis de aplicación de plaguicidas.....	33
Tabla 2.11 Frecuencia de siega del green experimental	35
Tabla 2.12 Pinchados llevados a cabo durante la investigación.....	36
Tabla 2.13 Granulometría – ASTM F 1632-03. Construcción del green experimental.....	37
Tabla 2.14 Materia Orgánica – ASTM F 1647-02a.....	38
Tabla 2.15 Densidad aparente	38
Tabla 2.16 Porosidad.....	39
Tabla 2.17 Capacidad de campo de los diferentes sustratos.....	40
Tabla 2.18 Tasa de infiltración de las parcelas durante la investigación.....	43
Tabla 3.1 Lluvias - Años 2009 a 2011.....	50
Tabla 3.2 Distribución de los meses según la intensidad de la precipitación.	51
Tabla 3.3. Riegos mensuales por parcela - año 2009.....	52
Tabla 3.4 Niveles de humedad promedio establecidos a 12 cm en las parcelas durante el verano de 2010 y correspondientes valores alcanzados a 18 y 24 cm	54
Tabla 3.5 Riegos mensuales por parcela – año 2010.....	56
Tabla 3.6 Niveles de humedad establecidos en las parcelas durante el verano de 2011 y correspondientes valores alcanzados otras profundidades	57
Tabla 3.7 Riegos mensuales por parcela en el año 2011	57
Tabla 3.8 Entradas del año 2009 (mm).....	59
Tabla 3.9 Entradas del año 2010 (mm).....	59
Tabla 3.10 Entradas del año 2011 (mm).....	59
Tabla 3.11 Riegos mensuales 2009 – 2011 (mm).....	60
Tabla 3.12 Distribución de riegos por su intensidad – año 2009.....	62
Tabla 3.13 Distribución de riegos por su intensidad – año 2010.....	63
Tabla 3.14 Distribución de riegos por su intensidad – año 2011	64
Tabla 3.15 Salidas por drenaje – año 2009. (*): datos desde marzo.....	66

Tabla 3.16 Salidas por drenaje- año 2010	66
Tabla 3.17 Salidas por drenaje - año 2011	66
Tabla 3.18 Salidas por drenaje según la intensidad del riego –Año 2009	67
Tabla 3.19 Salidas por drenaje según la intensidad del riego –Año 2010	68
Tabla 3.20 Salidas por drenaje según la intensidad del riego –Año 2011	68
Tabla 3.21 Salidas por drenaje durante la investigación (%).....	68
Tabla 3.22 Eficiencia de aplicación según la intensidad del riego (%)	69
Tabla 3.23 Salida por drenaje de tres eventos de lluvia.....	70
Tabla 3.24 Salidas por drenaje ante una lluvia de 29,22 mm	70
Tabla 3.25 Salidas por drenaje en el año 2009(*) Volumen del 27 y 28 de septiembre es estimado	71
Tabla 3.26 Salidas por drenaje en el año 2010	71
Tabla 3.27 Salidas por drenaje en el año 2011	71
Tabla 3.28 Rango de humedad a las distintas profundidades durante 2010 y 2011	76
Tabla 3.29 Humedad máxima alcanzada durante los años 2010 y 2011	77
Tabla 3.30 Humedad mínima alcanzada durante los años 2010 y 2011	77
Tabla 3.31 Humedad a capacidad de campo – parcelas 1 - 4	79
Tabla 3.32 Capacidad de campo para las arenas referida en la bibliografía	80
Tabla 3.33 Agua disponible para las plantas (2010 y 2011).....	81
Tabla 3.34 Capacidad de retención de agua disponible (CRAD) – parcelas 1 - 4	83
Tabla 3.35 Humedad mantenida en verano de 2010 y 2011 en términos de la capacidad de campo (%)	84
Tabla 3.36 Área y volumen de todas las parcelas.....	85
Tabla 3.37 División de las parcelas por secciones para el cálculo del almacenamiento con 2 sensores.	85
Tabla 3.38 Volumen de las secciones para el cálculo del almacenamiento con 3 sensores.....	86
Tabla 3.39 Comparativo del cálculo del almacenamiento con uno, dos y tres sensores. Julio 2010, parcela 2.....	87
Tabla 3.40 Desviación estándar promedio en el cálculo del almacenamiento con uno, dos y tres sensores en los intervalos de buen funcionamiento. Parcela 1	88
Tabla 3.41 Desviación estándar promedio en el cálculo del almacenamiento con uno, dos y tres sensores en los intervalos de buen funcionamiento. Parcela 2	88
Tabla 3.42 Desviación estándar promedio en el cálculo del almacenamiento con uno, dos y tres sensores en los intervalos de buen funcionamiento. Parcela 3	88
Tabla 3.43 Almacenamiento medio mensual 2010 (*) determinado con los días disponibles.	89
Tabla 3.44 Almacenamiento medio mensual 2011	89
Tabla 3.45 ET_o mensual en el año 2009	93
Tabla 3.46 ET_o mensual en el año 2010	94
Tabla 3.47 ET_o mensual en el año 2011	94
Tabla 3.48 Cálculo de la EVT cuando $\Delta V = 0$. Año 2009 (30/03 – 22/09).....	97
Tabla 3.49 Cálculo de la EVT cuando $\Delta V = 0$. Año 2010 (04/03 – 12/10).....	97
Tabla 3.50 Cálculo de la EVT cuando $\Delta V = 0$. Año 2011 (12/03 – 21/11).....	97
Tabla 3.51 Coeficiente de cultivo calculados cuando $\Delta V=0$	97
Tabla 3.52 Cálculo de la EVT diaria en la parcela 1 (abril 2010)	100

Tabla 3.53	Valores entre los que varió la EVT durante la investigación y en el verano de 2010.....	103
Tabla 3.54	Evapotranspiración de variedades de césped de estación fría encontrados en la bibliografía.....	103
Tabla 3.55	Evapotranspiración mensual calculada a partir de los datos diarios (mm) - anexo B.....	106
Tabla 3.56	Evapotranspiración real en los años 2010 y 2011 (mm).....	107
Tabla 3.57	K_c calculado para las parcelas 2 y 4 el año 2010.....	109
Tabla 3.58	Valores de K_c y condiciones en que se determinaron en la bibliografía.	111
Tabla 3.59	K_c para las parcelas 1 y 3.....	113
Tabla 3.60	Comparación entre la EVT los años 2010 y 2011. (*) parcelas 1 y 4: de junio a octubre.	113
Tabla 3.61	Evapotranspiración en los sustratos 2 y 4 en los meses de humedad elevada y deficitaria - 2011	116
Tabla 3.62	Balance final - Años 2010 y 2011	119
Tabla 3.63	Tasa de evapotranspiración – Años 2010 y 2011	120
Tabla 4.1	Fracciones texturales – suelos (USDA).....	124
Tabla 4.2	Parcela 4 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 2,48 mm.....	140
Tabla 4.3	Parcela 4 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 6,06 mm.....	141
Tabla 4.4	Parcela 2 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 2,61 mm.....	151
Tabla 4.5	Parcela 2 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 6,36 mm.....	152
Tabla 4.6	Parcela 3 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 2,71 mm.....	160
Tabla 4.7	Parcela 3 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 6,45 mm.....	161
Tabla 4.8	Parcela 1 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 3,93 mm.....	169
Tabla 4.9	Extensión de las capas que componen cada sustrato en la modelización.	176
Tabla 5.1	Parámetros de Feddes en el modelo HYDRUS 1D para el césped.....	186
Tabla 5.2	Humedad a 24 cm cuando se inicia el drenaje.....	191
Tabla 5.3	Humedad aproximada en la que se favorece el flujo uniforme	192
Tabla 5.4	Humedad promedio durante el periodo de calibración.....	192
Tabla 5.5	Parámetros hidráulicos para sustrato arenoso - ROSETTA.....	192
Tabla 5.6	Parámetros hidráulicos para las zonas enmendadas	193
Tabla 5.7	Parámetros hidráulicos obtenidos para las parcelas 1 a 4.....	193
Tabla 5.8	Tasa de infiltración de las parcelas.....	194
Tabla 5.9	Índices de eficiencia del modelo durante la calibración	196
Tabla 5.10	Parámetros de eficiencia del modelo HYDRUS 1D en la bibliografía.....	197
Tabla 5.11	Drenaje real y predicción del modelo para todas las parcelas - Calibración	198
Tabla 5.12	Transpiración potencial y predicción de absorción de agua por las raíces en todas las parcelas	199
Tabla 5.13	Parámetros de eficiencia del modelo durante la validación 1	201
Tabla 5.14	Drenaje real y predicción del modelo para las parcelas 2 y 4 – Validación 1	201
Tabla 5.15	Transpiración potencial y predicción de absorción de agua por las raíces en todas las parcelas – Validación 1	202
Tabla 5.16	Parámetros de eficiencia del modelo durante la validación 2.....	204
Tabla 5.17	Drenaje real y predicción del modelo para las parcelas 2 y 4 – Validación 2	204

Tabla 5.18 Resumen de la eficiencia del modelo en todas las condiciones presentadas en la investigación	205
Tabla 5.19 Afección de la predicción de drenaje acumulado por variaciones en los parámetros hidráulicos – Zona superficial	208
Tabla 5.20 Afección de la predicción de drenaje acumulado por variaciones en los parámetros hidráulicos – Zona profunda.....	209
Tabla 5.21 Afección de la representación del flujo por variaciones en los parámetros hidráulicos – Zona superficial	211
Tabla 5.22 Afección de la representación del flujo por variaciones en los parámetros hidráulicos – Zona profunda.....	212
Tabla 5.23 Parcela 1 – Influencia de la frecuencia de riego en la humedad, la absorción de agua y el drenaje.....	218
Tabla 5.24 Parcela 2 – Influencia de la frecuencia de riego en la humedad, la absorción de agua y el drenaje.....	218
Tabla 5.25 Parcela 3 – Influencia de la frecuencia de riego en la humedad, la absorción de agua y el drenaje.....	218
Tabla 5.26 Parcela 4 – Influencia de la frecuencia de riego en la humedad, la absorción de agua y el drenaje.....	219
Tabla 5.27 Humedad promedio a 12 cm, absorción de agua y drenaje acumulado con riego real y riego por reposición de ET_o (variación en color rojo)	228
Tabla 5.28 Parcela 1 - Humedad promedio a 12 cm, absorción de agua y drenaje acumulado ante la reducción paulatina del riego (comparación con las parcelas 2 y 4).....	229
Tabla 5.29 Parcela 3 - Humedad promedio a 12 cm, absorción de agua y drenaje acumulado ante la reducción paulatina del riego (comparación con las parcelas 2 y 4).....	229
Tabla 6.1 Clasificación del agua de riego según su conductividad eléctrica (Marcum, 2006).....	233
Tabla 6.2 .Clasificación de los suelos según CE_e (Carrow y Duncan, 1998)	234
Tabla 6.3 Clasificación de los suelos según su afección por sodio (Carrow y Duncan, 1998).....	238
Tabla 6.4 Clasificación de las aguas según el peligro por sodio (Carrow y Duncan, 1998).....	238
Tabla 6.5 Parámetros físicoquímicos del agua de lluvia	241
Tabla 6.6 Parámetros físicoquímicos del agua de riego	241
Tabla 6.7 Balance de cloruros durante la investigación	247
Tabla 6.8 Acumulación de cloruro en las parcelas del green experimental.....	248
Tabla 6.9 Acumulación de cloruro en todas las parcelas (julio 2013).....	250



Capítulo 1 - Introducción

1.1 Justificación

1.2 Presentación

1.3 Objetivos

1. Introducción

1.1. Justificación

El golf es una actividad deportiva que se desarrolla en terrenos especialmente preparados para tal fin que requieren, además de una notable ocupación del territorio, cuidados específicos para mantener durante todo el año la hierba en condiciones adecuadas. Para ello es necesario realizar prácticas agrícolas entre las que destacan el riego y la aplicación de productos fitosanitarios.

Por criterios de sensibilidad ambiental, y también por el elevado coste del mantenimiento de un campo de golf, se tiende a alcanzar un grado de eficiencia cada vez mayor en el uso del agua y en el manejo de productos fitosanitarios. La figura del *greenkeeper* (persona encargada del mantenimiento de campo de golf, coordinar el material, las máquinas, herramientas, jardineros, entre otras responsabilidades) es clave para conseguir esta eficiencia. Se trata de especialistas, normalmente con alto grado de capacitación, que tienen el doble objetivo de mantener el campo en perfectas condiciones de juego y, a la vez, evitar cualquier daño que pueda producirse al medio ambiente; a menudo, incluso, desarrollan actuaciones que tienen a mejorarlo.

Ciertamente, los gestores de los campos de golf, tanto privados como públicos, aplican grandes esfuerzos, técnicos y económicos, a mantener planes de gestión ambiental, a veces muy exigentes, que les permiten optimizar los medios, cumplir con las normativas ambientales y colaborar a la mejora del medio ambiente del entorno.

El Club de Campo del Mediterráneo (Borriol, Castellón) participa plenamente de estos compromisos sociales y prueba de ello es el convenio que suscribió en mayo de 2007 con la Universitat Jaume I para facilitar trabajos de investigación tendentes a mejorar el conocimiento sobre los mecanismos de ahorro de agua y sobre la minimización de afecciones ambientales asociadas. Con estos objetivos, se construyó un green experimental en las instalaciones del Club de Campo que ha sido mantenido en perfectas condiciones por el staff técnico del Club.

Durante 4 años se han desarrollado trabajos en el green experimental que han proporcionado unos resultados que se recogen en la presente memoria, que atiende principalmente a los mecanismos de flujo del agua. La información relativa al comportamiento de los productos fitosanitarios es objeto de otro trabajo de investigación, actualmente en curso.

1.2. **Presentación**

Un campo de golf estándar tiene una superficie normalmente comprendida entre 50 y 70 hectáreas y consta de 18 hoyos e instalaciones complementarias (campo de prácticas, club social, naves de mantenimiento). En cada uno de los hoyos se pueden distinguir las siguientes zonas:

- Salida o *Tee*, desde donde se inicia el juego
- Calle o *Fairway*, donde discurre el juego
- *Green*, donde termina el juego y está ubicado el hoyo
- Obstáculos y *roughs*, delimitan las calles y elevan el nivel de dificultad del juego

Tabla 1.1 Zonas del campo de golf y su superficie

<i>Zona</i>	<i>% superficie que ocupa</i>	<i>Total (Ha)</i>
Green	2,7	1,5
Antegreen	4,6	2,5
Tee	1,0	0,6
Fairway	31,0	17,0
Rough	23,6	13,0
Outrough	37,1	20,4
Total	100,0	55,0

La necesidad de mantener un campo agrícola relativamente extenso para la realización de un deporte genera cierta polémica en cuanto al uso del suelo, consumo de agua y contaminación que puede causar la actividad debido al cultivo intensivo del césped. Debe considerarse, sin embargo, que el golf es una actividad económica que genera en España un movimiento económico de cerca de 1700 millones de euros al año (Aymerich Golf Management, 2005; Cámara de Comercio de Valencia, 2010), y que como actividad económica, genera impactos que deben ser inicialmente cuantificados para proceder a su minimización en vías de encontrar un equilibrio con la preservación del medio ambiente.

La presente investigación se centra en los greens, ya que componen la zona más sensible de los campos de golf. A pesar de que sólo representan un 2,7% del área total del campo (tabla 1.1), su mantenimiento es intenso ya que en ellos se dan los últimos golpes de cada juego. Los greens se mantienen como una capa de hierba muy corta, por lo que absorben el 15 % del trabajo de mantenimiento del campo; concentran también el consumo de agua y las aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas por lo que se pueden considerar las zonas potencialmente contaminantes del campo. La tabla 1.2 resume la frecuencia de las prácticas culturales en los

greenes del Club de Campo del Mediterráneo en Borriol, Castellón y la tabla 1.3 presenta el consumo de agua por zonas en campos de golf en Albacete y Andalucía (Serna, 1999; Reyero, 2006) en m³/ha/año.

Tabla 1.2 Labores de mantenimiento de los greens en los campos de golf

Zona del campo	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Green	Siega diaria 1 pinchado 1 verticut 1 resiembra 1 recebo 1 fertilización Aplicación de plaguicidas si hay necesidad	Siega diaria 1 verticut 1 fertilización Aplicación de plaguicidas si hay necesidad	Siega diaria 1 pinchado 1 verticut 1 recebo 1 fertilización Aplicación de plaguicidas si hay necesidad	Siega diaria 1 verticut 1 fertilización Aplicación de plaguicidas si hay necesidad

Tabla 1.3 Consumo de agua en los campos de golf según regiones

Zona	Consumo de agua – Albacete (m ³ /ha/año)	Consumo de agua – Andalucía (m ³ /ha/año)
Green	9.560	12.015
Antegreen	9.560	12.015
Tee	9.560	12.015
Fairway	7.110	8.010
Rough	4.560	5.340
Outrough	0	0

En contraposición a las calles y roughs de un campo de golf, que se construyen sobre el suelo natural de la zona, el sustrato que compone el green es un medio poroso de base arenosa. Actualmente los greens se construyen siguiendo las directrices de la Asociación Americana de Golf (USGA, 2004) que recomienda una granulometría específica que se presenta en la tabla 1.4.

Los greens contruidos siguiendo las recomendaciones USGA pueden presentar un comportamiento hídrico similar por lo que, en el marco del convenio suscrito entre la Universitat Jaume I (UJI) y el Club de Campo del Mediterráneo (CCM), se construyó un green experimental de aproximadamente 300 m², compuesto por parcelas de base arenosa (USGA) con distintas enmiendas, que fue mantenido bajo condiciones de campo, para realizar la presente investigación.

Tabla 1.4 Distribución del tamaño de partícula para un green. Recomendación USGA (USGA, 2004)

Nombre	Diámetro de partícula (mm)	Recomendación (% en peso)
Grava fina	2,0 – 3,4	< 10%
Arena muy gruesa	1,0 – 2,0	
Arena gruesa	0,5 – 1,0	
Arena media	0,25 – 0,5	
Arena fina	0,15 – 0,25	< 20 %
Arena muy fina	0,05 – 0,15	< 5%
Limo	0,002 – 0,05	< 5 %
Arcilla	< 0,002	< 3 %
Total finos	Arena muy fina+limo+arcilla	≤ 10 %

Son muchas las investigaciones efectuadas sobre los greens de los campos de golf en cuanto a su diseño, la influencia de la granulometría sobre las características hídricas del sustrato, la influencia de la capa de grava en la distribución de la humedad en el interior del green, la influencia de la materia orgánica y otras enmiendas sobre la capacidad de retención de agua de los sustratos, el comportamiento de distintas especies de césped, la influencia de la calidad del agua de riego en el proceso de salinización del sustrato, entre otros muchos temas. La mayoría de estas investigaciones se han llevado a cabo en lisímetros o columnas, bajo condiciones controladas y artificiales y/o durante fechas determinadas del año. Pocas de ellas se han realizado durante la totalidad del año en greens bajo condiciones de campo en las que está sujeto a las distintas operaciones de mantenimiento del green orientadas a conseguir una buena calidad de hierba pero que afectan poco a poco las cualidades hidrológicas y químicas de los sustratos.

La tecnología actual permite la medición de parámetros que hace unos años eran muy caros o muy difíciles de seguir en condiciones de campo, como son la humedad y la conductividad del agua del suelo. Esta tecnología aplicada a un green acondicionado para la obtención de datos reales de consumo de agua y drenaje, coloca al investigador frente al reto de interpretar los datos obtenidos, evaluar los efectos de las enmiendas y generar una representación conceptual del flujo del agua y la dinámica salina en el interior de los sustratos, en circunstancias reales.

Los modelos matemáticos, desarrollados para representar el movimiento del agua y el transporte de solutos en los suelos, son herramientas que, una vez calibradas, permiten generar escenarios útiles para la toma de decisiones sobre la gestión del agua con el objetivo de alcanzar el deseado equilibrio entre las necesidades de la hierba y el consumo de recursos hídricos. También permiten cuantificar el potencial impacto sobre la calidad del suelo que la aplicación de agua de riego de

distinto contenido de sales puede generar, con miras a tomar las medidas preventivas primero y correctoras en segundo lugar, para minimizar los impactos ambientales negativos de esta actividad que, según parece, está dispuesta a aceptar el reto de armonizar su actividad con el cuidado del medio ambiente

1.3. Objetivos

El presente estudio persigue arrojar luz sobre algunos puntos que causan controversia en la actividad del golf como son el consumo del agua y la potencial afección de los suelos en la zona más sensible de los campos de golf, como son los greens. Con ayuda de la modelización se proyecta sugerir prácticas que optimizan el aprovechamiento del agua y minimizan su impacto en el suelo.

Para cumplir con esta aspiración se propone:

- Estimar las necesidades hídricas reales del césped en diferentes sustratos mediante el balance hídrico y evaluar el efecto de las enmiendas sobre el requerimiento de agua de la hierba.
- Caracterizar el flujo del agua en condiciones de campo en los sustratos 100% arenosos y enmendados.
- Modelizar el flujo de agua en los sustratos, profundizando en el efecto de las enmiendas sobre las propiedades hidráulicas de los sustratos.
- Simular la respuesta de los sustratos en escenarios en los que se modifican las prácticas de riego con la finalidad de optimizar el consumo de agua.
- Evaluar el efecto del riego sobre los sustratos en cuanto a la acumulación de sales y evaluar la efectividad de la práctica del lavado.



Capítulo 2 - El green experimental

- 2.1. Construcción del green experimental
- 2.2. Equipamiento complementario
- 2.3. Actividades agronómicas
- 2.4. Parámetros hidráulicos

2. El green experimental

2.1. Construcción del green experimental

2.1.1. Ubicación

El green experimental se construyó en las instalaciones del Club de Campo del Mediterráneo (CCM) ubicado en el término municipal de Borriol, a 7,5 Km de la Universitat Jaume I de Castellón (figura 2.1), en el marco del convenio de colaboración firmado con la Universidad Jaume I de Castellón con el objeto de colaborar en materia de formación e investigación para conocer las posibles afecciones ambientales que se pudieran derivar de las prácticas agrícolas asociadas al mantenimiento del campo de golf. Una foto del green se aprecia en la figura 2.2.

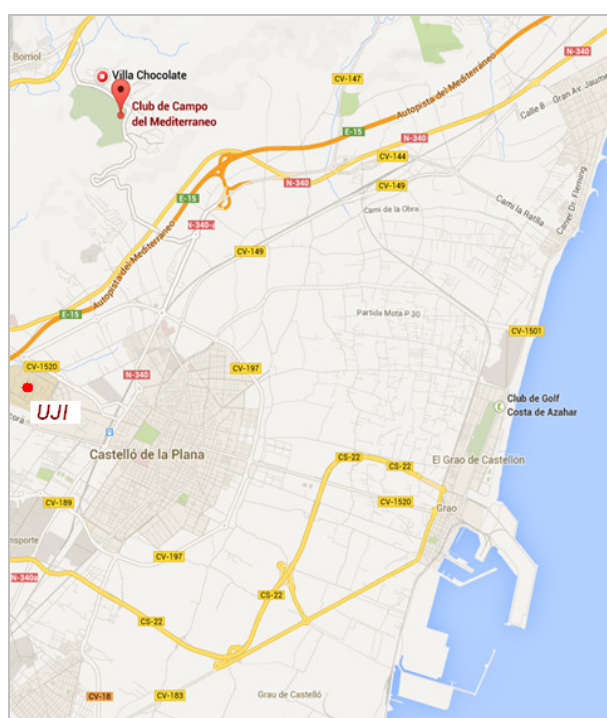


Figura 2.1 Ubicación del Club de Campo del Mediterráneo (Google maps)



Figura 2.2 Green experimental

2.1.2. Datos generales

El green experimental tiene una superficie aproximada de 278 m² (21,2 m x 13,1 m) y está dividido en 5 secciones. Cada sección contiene una parcela de aproximadamente 40 m² y 10 m³ de volumen de sustrato. La figura 2.3 muestra un esquema de corte transversal y longitudinal de cada parcela:

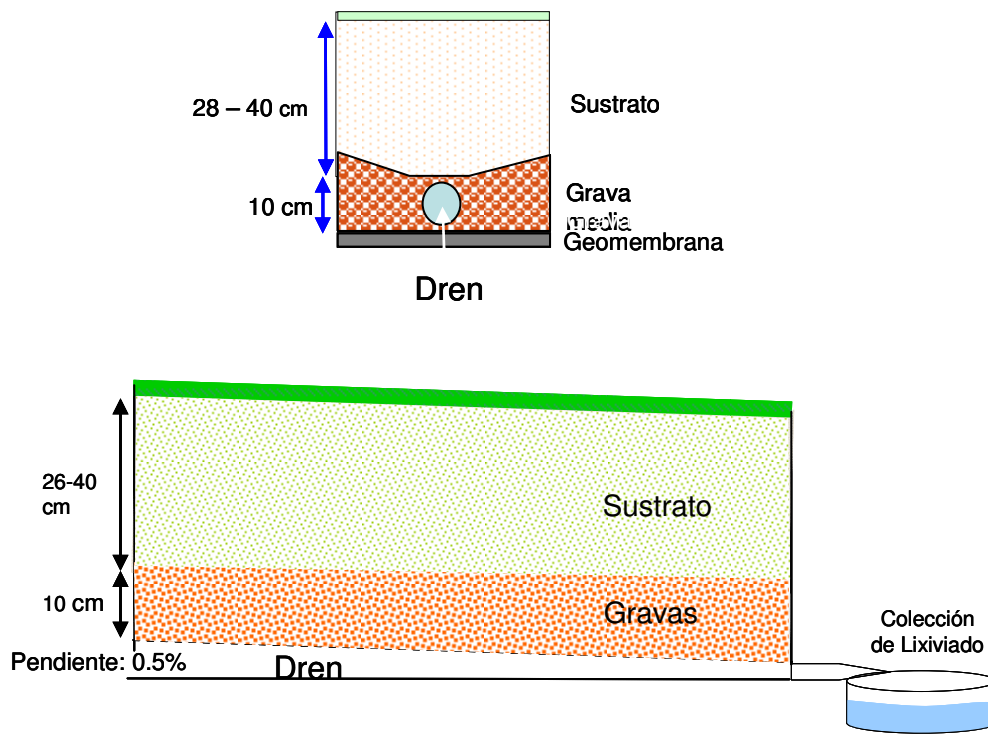


Figura 2.3 Esquema de construcción de las parcelas. Cortes transversal y longitudinal

El sustrato de base arenosa tiene un espesor comprendido entre 26 y 40 cm colocado sobre una capa de gravas de 10 cm de espesor en las que se instalaron tuberías de drenaje (7,5 cm Ø). Cada parcela está revestida en el fondo y laterales con una geomembrana que permite recoger y canalizar toda el agua infiltrada hacia la salida del drenaje donde unas garrafas colectan el agua lixiviada. La figura 2.4 muestra la disposición de las secciones y parcelas. La tabla 2.1 presenta el área de cada sección y parcela así como el volumen y la composición de cada una.

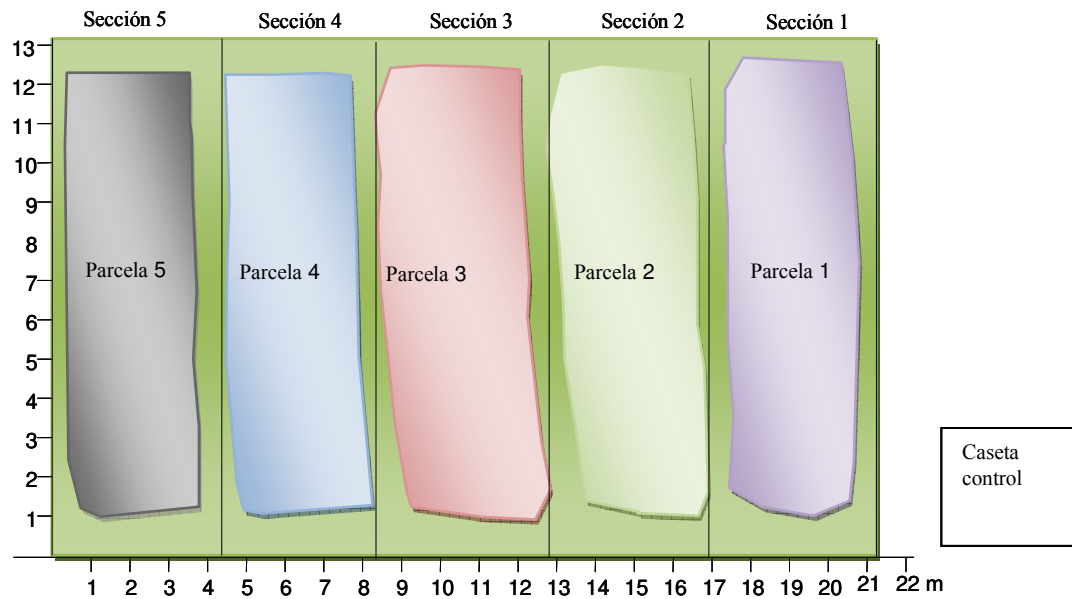


Figura 2.4 Esquema de disposición de las parcelas en el green experimental y vista real de la construcción

Tabla 2.1 Características constructivas de las parcelas

Sección	Área (m ²)	Parcela	Área parcela (m ²)	Volumen (m ³)	Composición aproximada
1	55,27	1	37,46	10,47	80 % Arena 20 % Turba rubia 145 g/m ² hidrogel (TerraCottem®)
2	53,96	2	37,58	11,15	80 % Arena 20 % Turba rubia
3	56,59	3	36,50	10,58	100 % Arena 145 g/m ² hidrogel (TerraCottem®)
4	55,27	4	35,41	9,30	100 % Arena
5	56,59	5	39,53	10,23	100 % Arena

La curva granulométrica de la arena silícea utilizada como base del sustrato de las parcelas que conforman el green, tipo USGA, se puede apreciar en la figura 2.5.

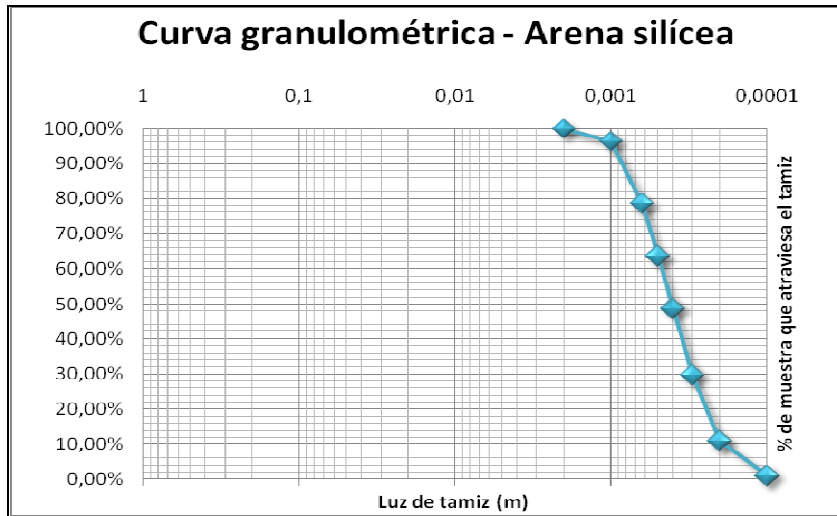


Figura 2.5 Curva granulométrica de la arena utilizada en la construcción del green

La adición de la materia orgánica en las parcelas 1 y 2 se realizó sobre la arena ya depositada en el vaso de las parcela, por lo que hubo que mezclar los componentes a mano. La USGA (2004) recomienda que la mezcla se realice fuera del green, lo que no pudo cumplirse. La mezcla manual generó, pese a los esfuerzos, una zona superficial rica y una zona profunda pobre en materia orgánica, por lo que no se pueden considerar USGA.

La adición del hidrogel, una mezcla de diferentes copolímeros acrílicos (propenamido-propenoato), abonos, y lava volcánica capaces de absorber agua hasta 45 veces su peso y formar pequeñas reservas en el suelo (Terravida, 2008), se aplicó de acuerdo a las recomendaciones del proveedor: sobre la superficie de las parcelas (1 y 3) y se mezcló con los primeros 10 cm de sustrato, generando una zona superficial de retención de agua y una zona profunda sin esta característica.

2.1.3. Sistema de drenaje

Cada parcela tiene instalada una tubería de drenaje que colecta los lixiviados de toda el área y los canaliza hasta la salida en la que están colocadas garrafas (volumen total: 117 L) que colectan el lixiviado del día. Un esquema de la recogida de lixiviados puede apreciarse en la figura 2.6. El volumen de los lixiviados colectados es medido a diario y una muestra es tomada para su posterior análisis.

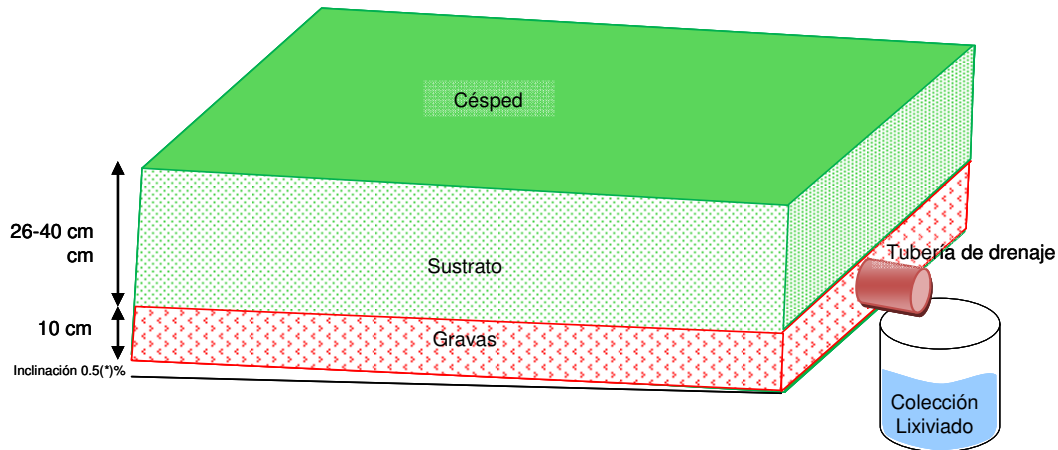


Figura 2.6 Esquema de colección de lixiviados

2.1.4. Sistema de riego

El sistema de riego de cada sección es independiente. En las secciones 1 a 4 consta de 8 difusores modelo 6406-ADV de Nelson Turf® de 15 cm de altura de cuerpo, boquillas de tipo 7370 Multi-Arc y presión de trabajo óptima de 2 bar (Nelson Turf, 2008). Los difusores están situados en el perímetro y separados 4 metros entre sí. La sección 5 tiene 7 difusores. En la figura 2.7 se puede ver el esquema y en la figura 2.8 una imagen de la instalación de los sistemas de riego:

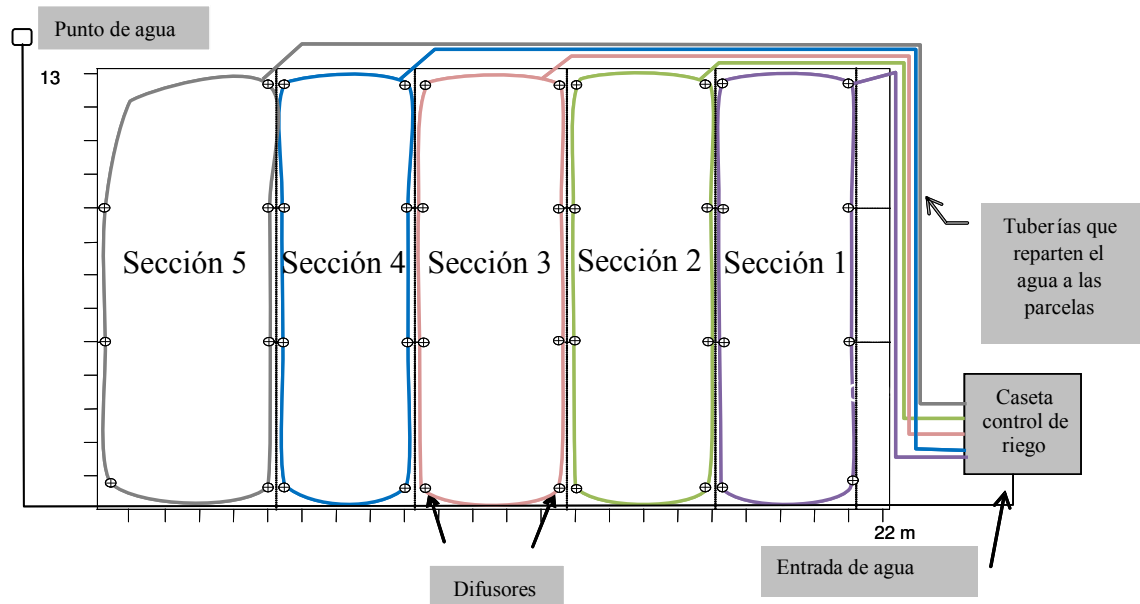


Figura 2.7 Esquema del sistema de riego del green experimental

Cada sistema está controlado por una electrobomba y un contador ubicados en la caseta de control (figura 2.9). Los sistemas de riego independientes permiten cuantificar el agua dosificada.



Figura 2.8 Instalación del sistema de riego en el green experimental

Control de riego

Electrobombas

Contadores



Figura 2.9 Control de riego

Aunque el riego se programa, el caudal no siempre es el mismo y depende de la presión de agua en las tuberías principales, la disponibilidad de agua y la coincidencia de riego de la parcela experimental con el del campo de golf. Considerando todos los riegos durante el tiempo que duró el estudio y excluyendo aquellos en que no hubo presión suficiente, no hubo agua suficiente o hubo fugas en el sistema de riego, el caudal en las parcelas 1 a 4 varió entre 25 y 35 litros/minuto y en la parcela 5 entre 22 y 32 litros/minuto. Las entradas por riego variaron entre 0,39 y 0,65 mm /minuto dependiendo de cada parcela. La tabla 2.2 presenta las variaciones en el caudal por cada parcela.

Tabla 2.2 Caudal de riego en el green experimental

Parcela	Caudal (l/min)	Caudal (mm/min)
1	25 - 35	0,45 - 0,63
2	25 - 35	0,46 - 0,65
3	25 - 35	0,44 - 0,62
4	25 - 35	0,45 - 0,63
5	22 - 32	0,39 - 0,57

La determinación del agua que cae dentro de cada parcela se realizó asumiendo que el riego es uniforme; así, el agua que cae dentro de la parcela y el agua que cae dentro de la sección guardan la misma proporción que las áreas de la parcela y de la sección que la contiene (1).

$$Agua_{parcela} = Agua_{sección} * \frac{Área_{parcela}}{Área_{sección}} \quad (1)$$

El agua de riego utilizada provino del pozo que abastece el campo de golf. Su conductividad eléctrica y contenido de los aniones Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y PO_4^{3-} medidos durante la investigación se presentan en el anexo G.

2.2. Equipamiento complementario

2.2.1. Estación meteorológica

Una estación meteorológica Rain Bird Smart Weather instalada junto al green experimental (figura 2.10) proporciona los datos de precipitación, radiación solar, temperatura máxima y mínima, velocidad del viento, humedad relativa y calcula la evapotranspiración a partir de la ecuación modificada de Penman (2):

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (2)$$

En la figura 2.11 se puede apreciar la variación en la evapotranspiración desde su instalación, en febrero de 2009, hasta octubre de 2010.



Figura 2.10 Estación meteorológica

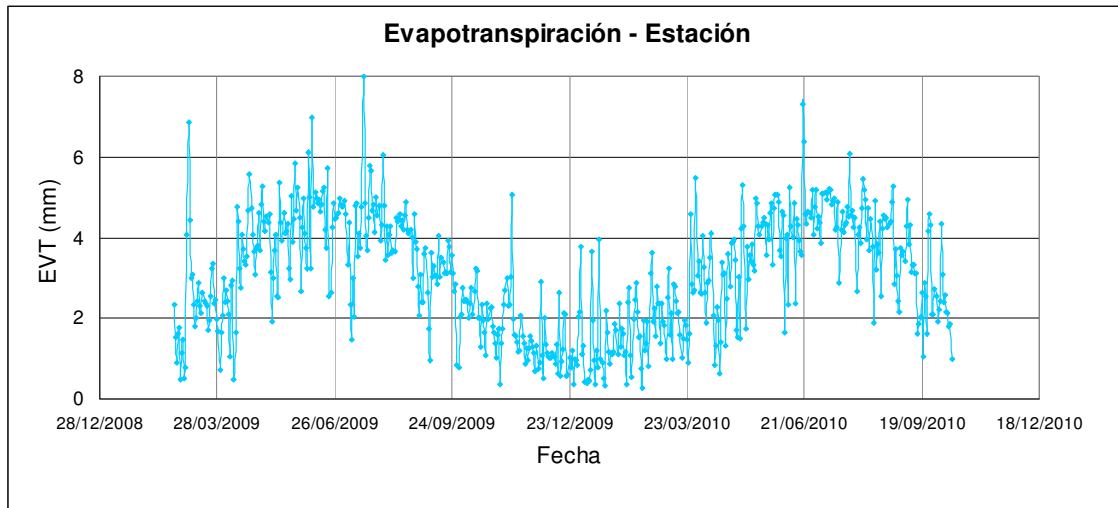


Figura 2.11 Evolución de la evapotranspiración de referencia en el periodo entre 02/2009 y 10/2010

2.2.2. Sensores

La parcela tiene instalados un total de 22 sensores de los que 14 son de la marca comercial DECAGON y 8 son de la marca HUMIDEC de la empresa XOP Física, un sensor patentado por la Universitat Jaume I de Castellón (Bisquert et al., 2008).

El esquema de la instalación de los sensores se muestra en la figura 3.10. La tabla 2.3 presenta los modelos y la profundidad a la que han sido instalados los sensores en cada parcela.

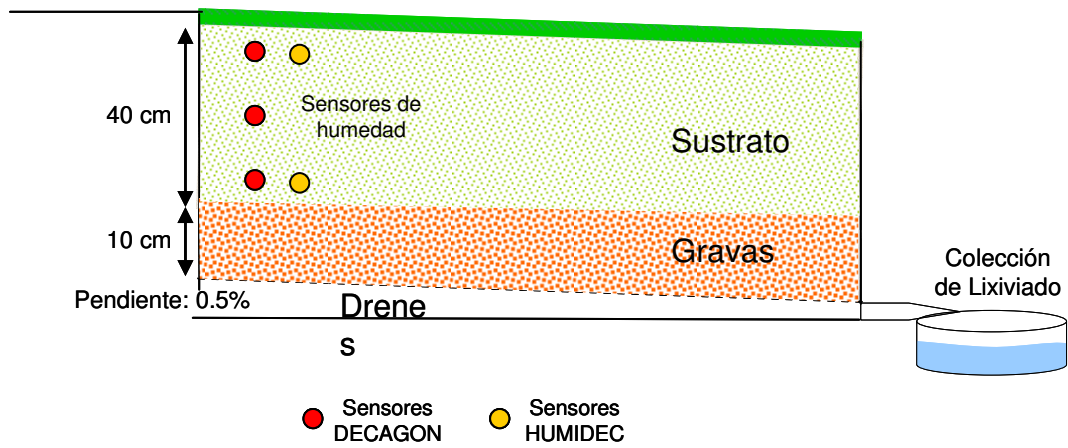


Figura 2.12 Sensores instalados en las parcelas del green experimental

Tabla 2.3 Sensores instalados en el green experimental

Parcela	Profundidad	Sensor	Modelo	Medida
1	12 y 24 cm	DECAGON	10 HS	Humedad volumétrica
1	18 cm	DECAGON	5 TE	Humedad volumétrica, conductividad y temperatura
1	12 y 24 cm	XOP	Humidec	Humedad volumétrica
2	12 y 24 cm	DECAGON	10 HS	Humedad volumétrica
2	18 cm	DECAGON	5 TE	Humedad volumétrica, conductividad y temperatura
2	12 y 24 cm	XOP	Humidec	Humedad volumétrica
3	12 y 24 cm	DECAGON	10 HS	Humedad volumétrica
3	18 cm	DECAGON	5 TE	Humedad volumétrica, conductividad y temperatura
3	12 y 24 cm	XOP	Humidec	Humedad volumétrica
4	12 y 24 cm	DECAGON	10 HS	Humedad volumétrica
4	12 y 24 cm	XOP	Humidec	Humedad volumétrica
5	12 y 24 cm	DECAGON	10 HS	Humedad volumétrica
5	18 cm	DECAGON	5 TE	Humedad volumétrica, conductividad y temperatura
5	12 y 24 cm	XOP	Humidec	Humedad volumétrica

2.2.2.1. Sensores 10HS

Los sensores 10HS de DECAGON (Decagon Devices Inc., 2008-2009) miden la permitividad dieléctrica del suelo para determinar su contenido volumétrico de agua. En la figura 2.13 puede verse la forma del sensor:



Figura 2.13 Sensor 10HS

Funcionan cargando y descargando rápidamente un electrodo (puntas) en el suelo. Se genera entonces un campo electromagnético cuyo tiempo de carga (t) está relacionado con la capacitancia del suelo (C) mediante la ecuación (3):

$$t = RC \ln \left[\frac{V - V_f}{V_i - V_f} \right] \quad (3)$$

donde R es la resistencia, V el voltaje en el tiempo t , V_i es el voltaje inicial y V_f es el voltaje aplicado. Conocido el factor geométrico del capacitor (F), la capacitancia está relacionada con la permitividad dieléctrica del suelo (ϵ) mediante la ecuación (4):

$$C = \epsilon_o * \epsilon * F \quad (4)$$

donde ϵ_o es la permitividad del vacío. Al tener el agua una permitividad dieléctrica mucho mayor que el suelo o el aire, el tiempo de carga t en el suelo (ec. 3) puede ser relacionado con el contenido volumétrico de agua en el suelo.

El sensor 10HS está precalibrado para medir la permitividad dieléctrica del suelo mediante la ecuación (5) con una precisión entre 0,5 y 2,5 dependiendo del rango en que se encuentre ϵ_a .

$$\epsilon_a = 7,449 \cdot 10^{-11} \text{rawcount}^4 - 1,969 \cdot 10^{-7} \text{rawcount}^3 + 1,890 \cdot 10^{-4} \text{rawcount}^2 - 6,691 \cdot 10^{-2} \text{rawcount} + 7,457 \quad (5)$$

DECAGON también ha desarrollado una ecuación estándar de calibración para suelos minerales que relaciona la humedad volumétrica (θ_v) con la señal de los sensores (6). Con esta calibración, la firma ofrece una precisión de $\pm 0,03 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.

$$\theta_v (\text{m}^3/\text{m}^3) = 2,97 \cdot 10^{-9} \text{mV}^3 - 7,37 \cdot 10^{-6} \text{mV}^2 + 6,69 \cdot 10^{-3} \text{mV} - 1,92 \quad (6)$$

Los sensores 10HS están conectados a una interfase desarrollada por la firma *BALMART* que envía las medidas de los sensores cada 2 – 4 minutos por medio de ondas de radio a una antena ubicada en la nave de mantenimiento del campo de golf donde hay conexión a internet por lo que es posible enviar los datos de humedad del sustrato en tiempo real a la página web de *BALMART* desde donde se consultan y descargan para su análisis.

2.2.2.2. Sensores 5TE

Los sensores 5TE (Decagon Devices, 2007-2010) miden la humedad volumétrica con el mismo principio que los sensores 10HS. Miden también la temperatura del sustrato y la conductividad eléctrica del medio (*Bulk EC*) de la cual se puede derivar la conductividad eléctrica del agua intersticial (*Pore water EC*), más adecuada para entender las condiciones de salinidad que soportan las raíces.

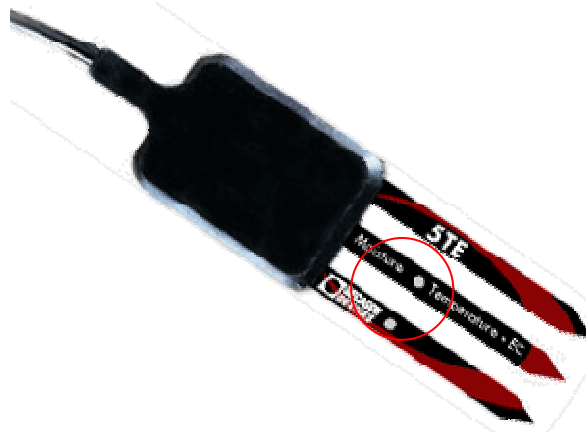


Figura 2.14 Sensor 5TE

La figura 2.14 muestra el sensor 5TE que usa un termistor instalado cerca de una de las puntas midiendo la temperatura de su superficie. La conductividad eléctrica es obtenida aplicando una corriente alterna a dos electrodos (tornillos dentro del círculo rojo en la figura 2.14) y midiendo la resistencia entre ellos. La conductividad del medio (*Bulk EC*) es calculada multiplicando la inversa de la resistencia por la constante de celda propia del sensor.

Para el cálculo de la conductividad del agua intersticial (σ_p), Hillhorst (2000) propuso la ecuación (7) que relaciona la conductividad eléctrica del medio (σ_b) con σ_p cuando la permitividad dieléctrica del suelo (ϵ_b) es conocida.

$$\sigma_p = \frac{\epsilon_p \sigma_b}{\epsilon_b - \epsilon_{\sigma_b=0}} \quad (7)$$

El término de la permitividad dieléctrica del agua intersticial (ϵ_p) se obtiene a partir de la temperatura del suelo mediante la ecuación (8)

$$\varepsilon_p = 80,3 - 0,37(T_{soil} - 20) \quad (8)$$

Hilhorst (2000) propone para $\varepsilon_{ob=0}$ un valor de 4,1; mientras que el fabricante, a partir de su experiencia en distintos suelos, ha encontrado que la relación funciona mejor cuando $\varepsilon_{ob=0} = 6$.

En suelos secos, cuando la humedad volumétrica es menor que $0,10 \text{ m}^3/\text{m}^3$, la ecuación conduce a grandes errores, por lo que en este estudio no se han considerado valores de σ_p cuando la humedad es menor que $0,10 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Los datos de los sensores 5TE se recogen cada 2 – 4 minutos en el datalogger Em50 de DECAGON y se descargan periódicamente en el ordenador mediante un software creado por el fabricante.

2.2.2.3. Sensores HUMIDEC

Surgen como una alternativa a los métodos dieléctricos y tensiométricos para la medición de las propiedades hídricas del suelo. Los sensores de XOP FÍSICA miden la conductancia eléctrica del suelo. Están compuestos por unos electrodos de un óxido semiconductor (óxido de estaño modificado con indio) en forma de capa fina depositados sobre un sustrato inerte y tienen como ventaja su estabilidad química a la salinidad del suelo, del agua de riego y el aporte de abonos. En la figura 2.15 puede apreciarse el sensor HUMIDEC.



Figura 2.15 Sensor HUMIDEC

Al ser el suelo un medio poroso, han de distinguirse dos situaciones que influyen en la conductancia: Cuando el suelo contiene mucha agua (a capacidad de campo o superior), la conductancia está relacionada con la conducción electrolítica del agua libre contenida en los poros. En suelos con bajo contenido de agua ésta está mayoritariamente adsorbida en la superficie de las partículas mediante una reacción química que disocia la molécula en protones y grupos hidroxilo (9).



El grupo hidroxilo queda adherido a las partículas de suelo y el protón puede moverse entre las moléculas de agua vecinas según la reacción (10).



El transporte de carga ocurre cuando la molécula H_3O^+ cede un protón a una molécula de agua adyacente, contribuyendo a una conducción a larga distancia. En la zona de humedades intermedias, la suma de estos procesos proporciona la conductividad total de la tierra a causa de su contenido de agua. La figura 2.16 presenta una relación lineal entre la conductancia y el contenido volumétrico de agua (θ_v) en suelos arcillosos de la provincia de Castellón.

Los datos de los sensores HUMIDEC se recogieron inicialmente cada 10 minutos y luego cada 2–4 minutos en el datalogger que XOP FÍSICA instaló en las parcelas. Los datos se descargaron cada 2 a 4 días mediante una PDA vía bluetooth.

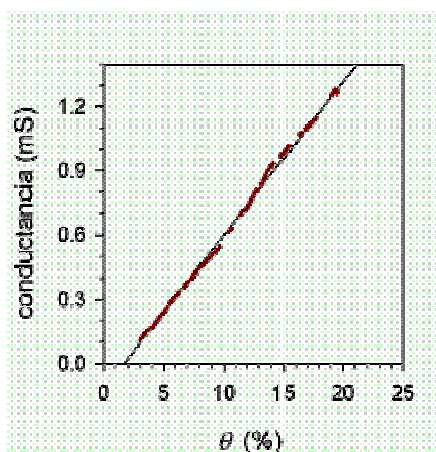


Figura 2.16 Relación entre la conductancia y θ_v en suelos arcillosos (Bisquert et al., 2008)

2.2.2.4. Calibración de los sensores

Ante la necesidad de calibrar la lectura de los sensores HUMIDEC frente a la humedad volumétrica de los distintos sustratos que componen el green experimental y la necesidad de comparar las lecturas entre los sensores de DECAGON y XOP FÍSICA en igualdad de condiciones, todos los sensores fueron calibrados (re-calibrados en el caso de los sensores DECAGON).

Para ello, durante un período comprendido entre el 14 de junio y el 23 de julio del 2010, se tomaron muestras de suelo a la profundidad correspondiente a los sensores en cada una de las parcelas. Anotada la hora de toma de muestra, se procedió a determinar la humedad gravimétrica de cada una (estufa 105°C, 24 horas). La humedad gravimétrica está relacionada con la volumétrica por la densidad aparente, que también se determinó una vez retirados los primeros 6 cm de sustrato en los que se concentraban las raíces del césped.

La tabla 2.4 muestra la densidad aparente de cada parcela y su desviación estándar. En el caso de las parcelas 1 y 2, la desviación de la media es del 6,8 al 11,5%, en el caso de las parcelas 3, 4 y 5 la desviación es menor que el 5%. Puede atribuirse la mayor desviación en las parcelas 1 y 2 a la mezcla no 100% uniforme de la turba con la arena en estas parcelas.

La humedad volumétrica calculada mediante la ecuación: $\theta_g * \delta_{ap} = \theta_v$ se relacionó con la medida del sensor, obteniendo las correspondientes curvas de calibración con coeficientes de determinación (r^2) entre 0,75 y 0,89 a 24 cm; 0,55 y 0,92 a 18 cm y de 0,48 a 0,83 a 12 cm.

Tabla 2.4 Densidad aparente de cada parcela

Parcela	Densidad aparente (g/cm3) - promedio	σ
1	1,4695	0,10
2	1,3937	0,16
3	1,7838	0,09
4	1,684	0,06
5	1,756	0,06

Tabla 2.5 Ecuaciones de calibración de los sensores DECAGON (LS = Lectura del Sensor)

Parcela	Profundidad (cm)	Humedad volumétrica (%)	r^2
1	24	(LS-5,0973)*100/72,921	0,748
2	12	(LS+1,5816)*100/121,53	0,669
2	18	(LS-0,0545)*100/132,36	0,825
2	24	(LS-0,9307)*100/120,21	0,818
3	12	(LS-1,4678)*100/73,097	0,721
3	18	(LS-45001)*100/90,738	0,841
3	24	(LS-0,9786)*100/94,879	0,891
4	12	(LS+1,6592)*100/103,95	0,483
4	24	(LS-4,6294)*100/70,019	0,819
5	12	(LS-0,8028)*100/84,842	0,834
5	18	(LS-6,4329)*100/63,974	0,886
5	24	(LS-1,5887)*100/74,929	0,892

Las ecuaciones obtenidas para la calibración de los sensores DECAGON se muestran en la tabla 2.5. Cabe mencionar que la calibración a 12 cm fue bastante difícil debido a la presencia de materia orgánica (raíces) y/o del hidrogel (aditivo para la retención de agua) en la composición de las parcelas 1, 2 y 3. En el caso de la parcela 1, al no conseguir una buena calibración, se optó por dar por buenos los datos del sensor a 12 cm.

Muestras de las curvas de calibración obtenidas para los sensores de DECAGON se aprecian en la figuras 2.17 a 2.20.

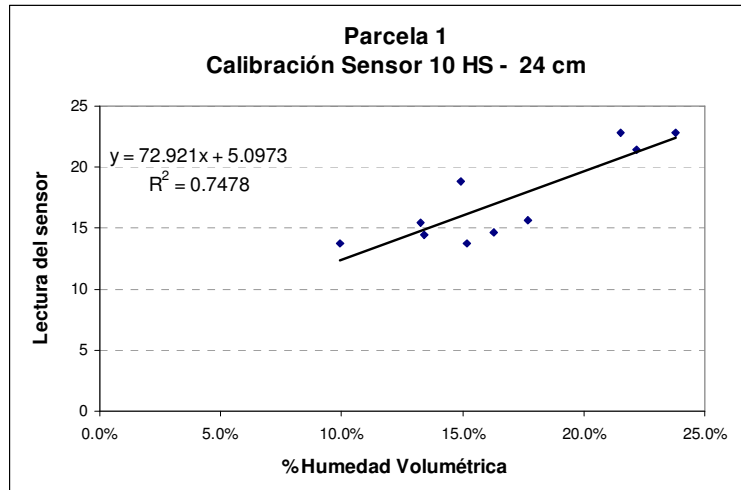


Figura 2.17 Recta de calibración – Parcela 1 - 24 cm

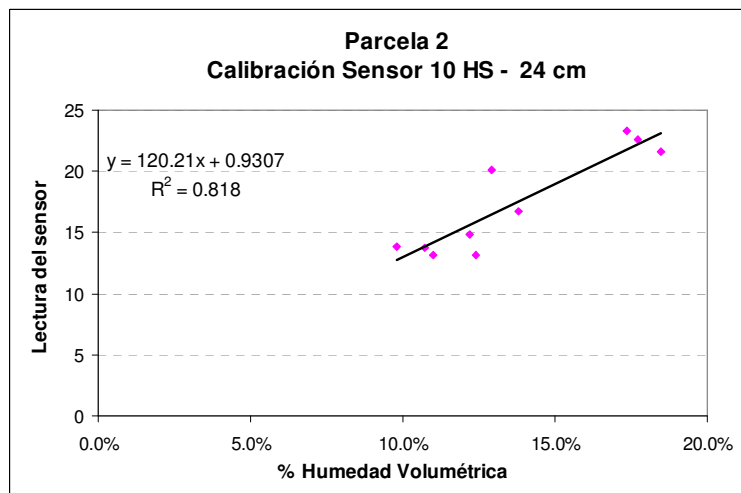


Figura 2.18 Recta de calibración – Parcela 1 - 24 cm

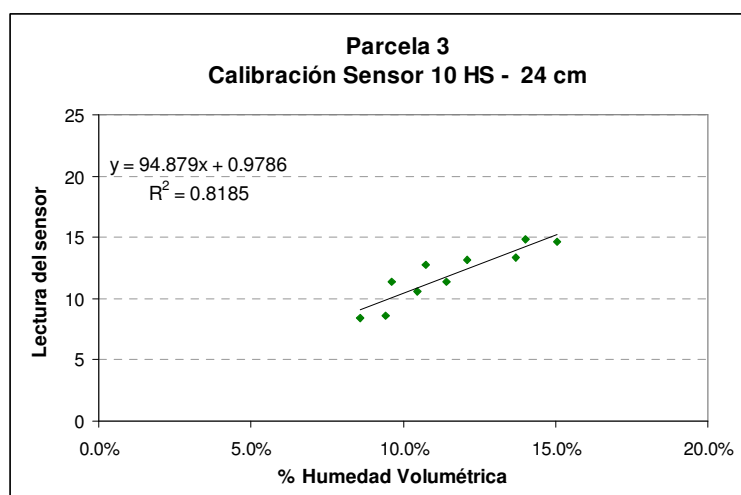


Figura 2.19 Recta de calibración – Parcela 1 - 24 cm

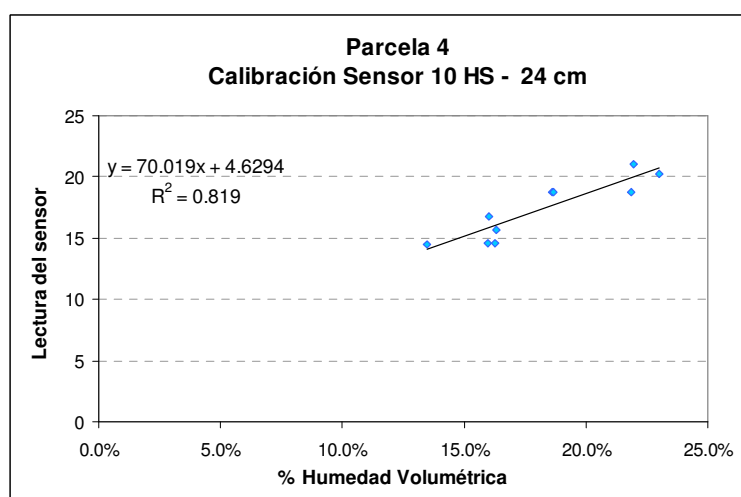


Figura 2.20 Recta de calibración – Parcela 1 - 24 cm

Las ecuaciones obtenidas para la calibración de los sensores HUMUDEC se muestran en la tabla 2.6. En el caso de la parcela 1, la calibración coincidió con fallos de los sensores por lo que no se pudo realizar la calibración.

Tabla 2.6 Ecuaciones de calibración de los sensores HUMUDEC (LS = Lectura del Sensor)

Parcela	Profundidad (cm)	Humedad volumétrica (%)	r^2
2	12	$(LS+0,0405)*100/1,465$	0,840
2	24	$(LS+0,0099)*100/0,6031$	0,823
3	12	$(LS+0,0249)*100/1,1796$	0,741
3	24	$(LS+0,0029)*100/0,4952$	0,821
5	12	$(LS+0,084)*100/0,7917$	0,792
5	24	$(LS+0,0883)*100/1,03$	0,910

Muestras de las curvas de calibración obtenidas se aprecian en las figuras 2.21 y 2.22.

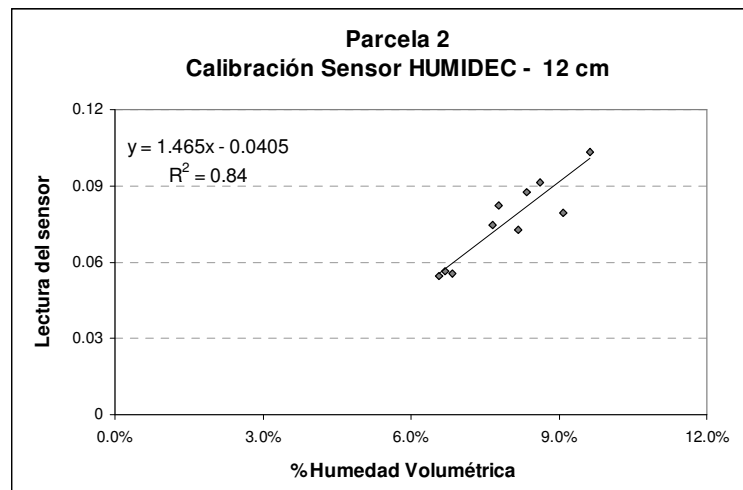


Figura 2.21 Recta de calibración – Parcela 2- 12 cm

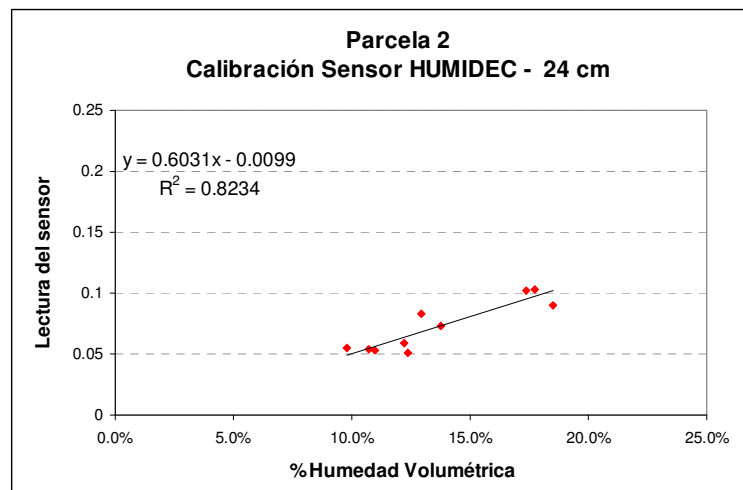


Figura 2.22 Recta de calibración – Parcela 2- 24 cm

Una vez calibrados, los sensores situados a 12 y 24 cm de ambas marcas arrojan lecturas similares de la humedad volumétrica del sustrato. En la figura 2.23 se puede apreciar las lecturas de ambos sensores en el período del 17 de junio al 12 de julio de 2010.

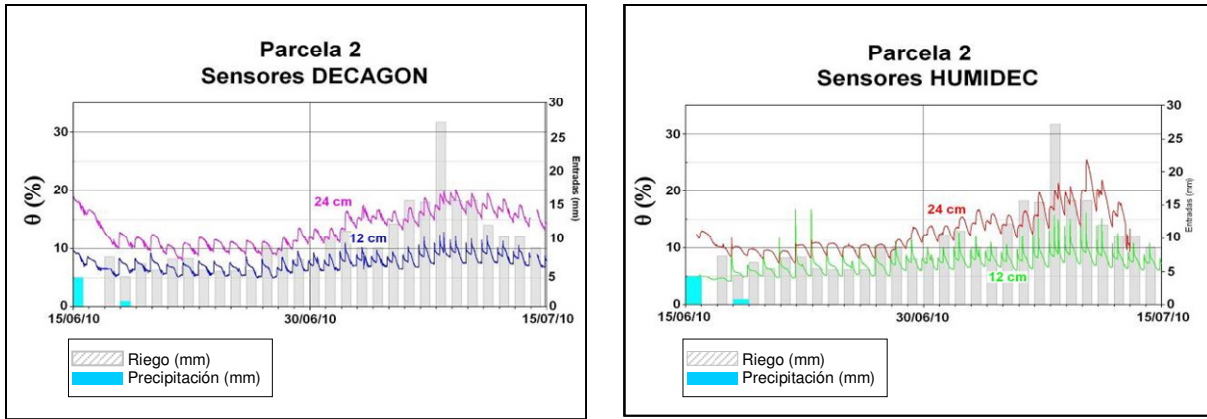


Figura 2.23 Comparación de la lectura de humedad volumétrica, sensores DECAGON (10HS) y XOP (Humidec)

Para determinar la relación numérica entre de ambos sensores, se compararon los datos solo si las lecturas se realizaron en el mismo minuto. La figura 2.24 muestra la relación de las lecturas a 12 cm de profundidad.

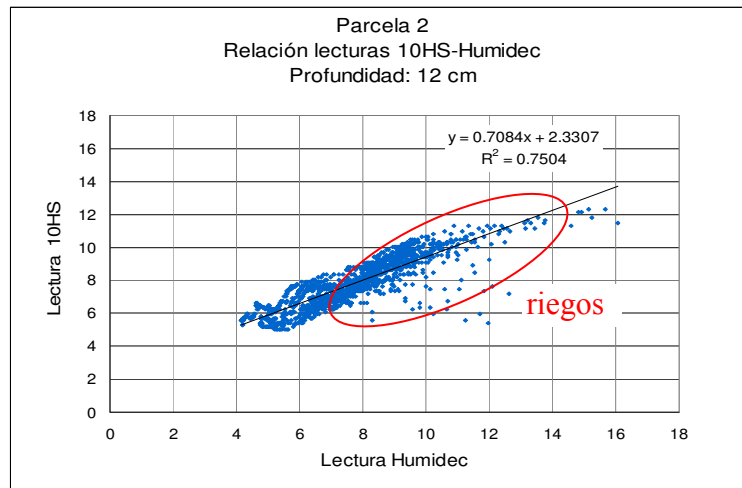


Figura 2.24 Comparación de la lectura de humedad volumétrica, sensores 10HS y HUMIDEC a 12 cm de profundidad

Se puede observar que el sensor HUMIDEC muestra una mayor señal en el momento que el agua llega al sensor después de un riego (lectura puntual) para luego descender en la medida que el frente húmedo avanza. En el caso de los sensores 10HS el aumento de humedad es menos notorio al medir la humedad en un volumen de sustrato. A pesar de tener un principio distinto de lectura de la humedad, que se pone de manifiesto en el momento del riego, ambos sensores muestran una buena correlación (r) en el rango de 4 a 13 % de humedad volumétrica. La figura 2.25 muestra una mejor correlación de los sensores a 24 cm de profundidad. Los datos anómalos que se resaltan en la figura se deben al mal funcionamiento del sensor HUMIDEC a partir del día 10 de julio.

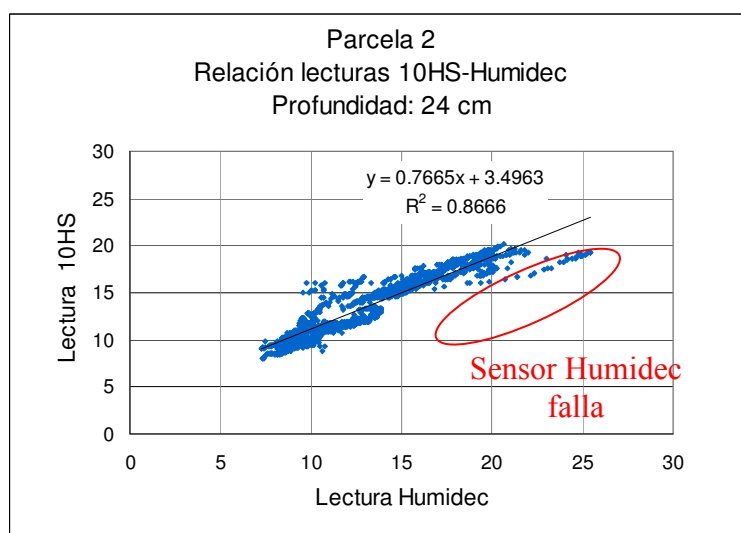


Figura 2.25 Comparación de la lectura de humedad volumétrica, sensores 10HS y HUMIDEC a 24 cm de profundidad

A 24 cm de profundidad la respuesta de los sensores se ve menos afectada por el frente de agua de los riegos, que llega con menor intensidad.

La lectura de la humedad de los sensores a intervalos tan pequeños ha permitido observar cómo es el perfil de humedad característico de cada sustrato, cuáles son los cambios que se producen ante las entradas de agua y cuánto tiempo duran esos cambios. Gracias a estos datos ha sido posible ver en tiempo real cómo fluye el agua en los sustratos y calibrar adecuadamente un modelo de flujo del agua.

A pesar de obtener datos similares de humedad, la presente investigación se ha realizado a partir de los datos de los sensores calibrados de DECAGON debido a que los sensores HUMIDEC, entonces en fase experimental, se veían afectados por las lluvias y las fertilizaciones debido al principio físico de determinación de la humedad en el suelo que utilizan (conductividad del agua del suelo) y que en sustratos arenosos se ve afectado de manera notoria. Un trabajo de fin de carrera sobre este tema será próximamente presentado en la Universitat Jaume I.

2.3. Actividades agronómicas

2.3.1. Siembra

La variedad elegida para el green experimental es la *Agrostis stolonífera* L-93. Esta variedad se mantiene verde todo el año y es la que se usa en el Club de Campo del Mediterráneo para resembrar los greens antiguos.

La *Agrostis stolonífera* L-93 es una variedad de *Agrostis stolonífera* L desarrollada en la década de los 90 para ser utilizada en céspedes deportivos sobre todo en los greens de los campos de golf.

Pertenece a la familia de las gramíneas. Es una especie de clima templado y forma parte del grupo de plantas denominadas C3. Tiene un establecimiento muy rápido y forma un césped fino y denso. Su crecimiento es vertical y cubre toda la superficie del suelo con los estolones. El sistema radicular es adventicio, sus hojas son finas. Tolera tanto el frío como el calor, sólo durante el invierno se produce una ligera pérdida de color que se recupera rápidamente en primavera por lo que mantiene todo el año su color verde oscuro. Es resistente a enfermedades fúngicas como el “Dollar spot” y el “Brown patch”. Requiere un elevado mantenimiento debido a su crecimiento rápido en verano y a sus altas necesidades hídricas. Es sensible al estrés producido por la falta de agua y a la sombra. Soporta siegas de hasta 3 mm (Warnke, 2003).

2.3.2. Fertilizaciones

Las fertilizaciones desde la construcción del green y su dosis están indicadas en la tabla 2.7. La fertilización inicial del día de la siembra no figura pero corresponde al 26 de agosto de 2008.

Tabla 2.7 Fertilizaciones realizadas

<i>Fecha fertilización</i>	<i>Producto</i>	<i>Dosis</i>	<i>Observaciones</i>
01/12/08	Fertilizante 15-15-15	9.742,4 g	Para todo el green
15/01/09	Proquimed solución (12,5 Kg en 600 L agua)	Entre 47 y 69 segundos – Caudal 0.1 L/seg	Depende de cada parcela
24/02/09	Phisiostart 8-28-0	4.862 g	Para todo el green
10/03/09	Phisiostart 8-28-0	8.228 g	Para todo el green
29/04/09	Easygreen 21-5-10	8.200 g	Para todo el green
28/05/09	Floranid Eagle Start	8.228 g	Para todo el green
22/07/09	Floranid Eagle 24-5-10	12.000 g	Para todo el green
15/10/09	Sulfato amónico solución (20 Kg en 600 L agua)	75 L	Para todo el green
10/11/09	Fertilizante 15-15-15	13.436 g	Para todo el green
04/03/10	Floranid Eagle 24-5-10	14.790,5 g	Para todo el green
21/05/10	Sulfato amónico	694,2 g	Para todo el green
08/07/10	Floranid Eagle 24-5-10	6.044 g	Para todo el green
19/11/10	Floranid Eagle 12-6-24	10.079 g	Para todo el green
14/04/11	Floranid Master	10.000 g	Para todo el green

Las entradas de nitrógeno amoniacal y/o nítrico corresponden a las fertilizaciones, a los riegos y en menor medida a las lluvias. El agua de riego contiene un promedio de 20,14 mg/litro de nitrato y la lluvia 4,7 mg/L. Las entradas de nitrógeno (total) correspondientes a las fertilizaciones se indican en la tabla 2.8. Para el cálculo se asume una distribución homogénea de los fertilizantes en toda el área del green experimental. En los casos de aplicación de fertilizante en solución se presenta el promedio de aplicación de las parcelas.

Tabla 2.8 Entradas de nitrógeno proveniente de las fertilizaciones (g/m^2)

Fecha fertilización	N_{total} (g/m^2)
01/12/08	5,3
15/01/09	0,7 ⁺
24/02/09	1,4
10/03/09	2,4
29/04/09	6,2
28/05/09	5,3
22/07/09	10,4
15/10/09	1,9 ⁺
10/11/09	7,3
04/03/10	12,8
21/05/10	0,5
08/07/10	5,2
19/11/10	4,4
14/04/11	5,8

2.3.3. Aplicación de plaguicidas

Los compuestos aplicados al green experimental desde su construcción se detallan en la tabla 2.9. Los insecticidas clorpirifos y carbaryl fueron aplicados para el control de la “rosquilla negra” (*Spodoptera littoralis*), una plaga muy habitual en céspedes que afecta el green experimental. Los fungicidas fueron utilizados para combatir principalmente el “dollar spot”, hongo patógeno conocido inicialmente como *Sclerotinia homeocarpa*. Hoy es considerado de la especie *Lanzia* y *Moellerodiscus*. La figura 2.26 corresponde a la primera aplicación de plaguicidas, cuando el césped, recientemente brotado, mostró signos de afección por “dollar spot” y “rosquilla”

⁺ Aplicación en solución



Figura 2.26 Aplicación de plaguicidas

Tabla 2.9 Aplicación de plaguicidas a la parcela experimental

<i>Fecha</i>	<i>Producto</i>	<i>Acción</i>
11/09/08	Piritec (clorpirifos 45% v/p)	Insecticida
11/09/08	Bayfidan (triadimenol 25% p/v)	Fungicida
21/11/08	Chipco green (iprodiona 25%)	Fungicida
21/11/08	Dursban (clorpirifos 48% v/p)	Insecticida
18/02/09	Chipco green (iprodiona 25%)	Fungicida
16/07/09	Aliette sólido (Fosetil Al 80%)	Fungicida
16/07/09	Danfito (clorpirifos 48% p/v)	Insecticida
02/09/09	Dursban (clorpirifos 48% p/v)	Insecticida
02/09/09	Rubigan (fenarimol 12% p/v)	Fungicida
27/11/09	Rubigan (fenarimol 12% p/v)	Fungicida
27/11/09	Danfito (clorpirifos 48% p/v)	Insecticida
09/12/09	Bayfidan (triadimenol 25% p/v)	Fungicida
09/12/09	Sevinturf (carbaryl 48% p/v.)	Insecticida
14/05/10	Bayfidan (triadimenol 25% p/v)	Fungicida
14/05/10	Danfito (clorpirifos 48% p/v)	Insecticida
18/08/10	Mogeton (quinoclamina 25% p/p)	Herbicida (musgo)
08/10/10	Rubigan (fenarimol 12% p/v)	Fungicida
08/10/10	Danfito (clorpirifos 48% p/v)	Insecticida

La tabla 2.10 muestra la dosis aplicada de principio activo por metro cuadrado en las distintas parcelas del green experimental.

Tabla 2.10 Dosis de aplicación de plaguicidas

<i>Fecha</i>	<i>Producto</i>	<i>Dosis (mg/m²)</i>
11/09/08	Piritec (clorpirifos 48% v/p)	18,88
11/09/08	Bayfidan (triadimenol 25% p/v)	3,15
11/11/08	Chipco green (iprodiona 25%)	Entre 173 y 253 dependiendo de la parcela
11/11/08	Dursban (clorpirifos 48% v/p)	Entre 83 y 121 dependiendo de la parcela
18/02/09	Chipco green (iprodiona 25%)	107,91
16/07/09	Aliette sólido (Fosetil Al 80%)	Entre 137 y 177 dependiendo de la parcela
16/07/09	Danfito (clorpirifos 48% p/v)	Entre 82 y 106 dependiendo de la parcela
02/09/09	Dursban (clorpirifos 48% p/v)	77,70
02/09/09	Rubigan (fenarimol 12% p/v)	19,34
27/11/09	Rubigan (fenarimol 12% p/v)	21,58
27/11/09	Danfito (clorpirifos 48% p/v)	43,17
09/12/09	Bayfidan (triadimenol 25% p/v)	8,99
09/12/09	Sevinturf (carbaryl 48% p/v.)	8,63
14/05/10	Bayfidan (triadimenol 25% p/v)	5,40
14/05/10	Danfito (clorpirifos 48% p/v)	51,80
18/08/10	Mogeton (quinoclamina 25% p/p)	269,78
08/10/10	Rubigan (fenarimol 12% p/v)	4,32
08/10/10	Danfito (clorpirifos 48% p/v)	69,06

2.3.4. Riego

Desde el momento de su siembra, el 26 de agosto de 2008, las parcelas del green experimental han recibido riego, cuantificado mediante los contadores instalados.

El agua aplicada durante el año 2008 fue abundante debido a las altas necesidades del césped para su germinación y establecimiento. En mayo del 2009, el césped alcanzó la altura de siega de un green (3,5 mm) y se consideró establecido. Ese mismo año fue sometido a riego por reposición de

la evapotranspiración medida por la estación meteorológica (ET_o) mostrando claros signos de estrés hídrico (color amarillento) durante los meses cálidos de junio a septiembre. El 2009 es considerado, por tanto, un año con déficit hídrico, con una calidad de césped por debajo de los estándares. Al contar con los sensores el año 2010, el riego persiguió mantener un nivel constante de humedad durante los meses de verano que garantizara una calidad de césped aceptable. El año 2011, el régimen de riego procuró disminuir el nivel de humedad al mínimo posible, para que la calidad del césped fuera aceptable en los meses de verano.

2.3.5. Siega

La siega es una operación primordial en un campo de golf. Segar correctamente es importante porque con ello se consigue que las superficies destinadas al juego tengan una altura uniforme y no se altere el recorrido de la bola. Con ella se consigue también que toda la superficie del campo tenga una uniformidad estética.

Desde el punto de vista del suelo, la siega contribuye a su moldeado y compactación ya que la máquina segadora funciona como un rodillo pesado que la recorre diariamente. La siega controla la longitud de las hojas del césped, que influye directamente en la evapotranspiración y en la temperatura al interior del sustrato (Dernoeden, 2006; Smith et al., 1992)

Existen diferentes máquinas para segar un green. En el green experimental se utiliza una segadora marca TORO, modelo Greensmaster 3200P de 629,6 Kg. La altura de siega es de 3 mm (Manual CCM) pero la dirección de la siega no siempre es la misma, se va alternando como se puede apreciar en la figura 2.27. La figura 2.28 muestra el proceso de siega del green experimental.

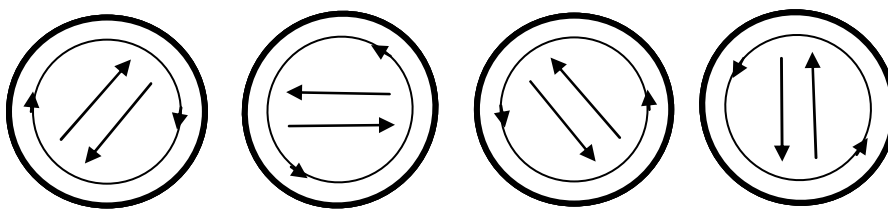


Figura 2.27 Dirección de siega en los greenes



Figura 2.28 Siega del green experimental

La frecuencia de la siega del green experimental dependió de la época del año. Si bien la tabla 1.2, basada en el Manual de Procedimientos del Club de Campo del Mediterráneo, indica que la siega de los greens debe realizarse diariamente, en el green experimental, la frecuencia de siega fue menor (tabla 2.11).

Tabla 2.11 Frecuencia de siega del green experimental

	<i>Primavera</i>	<i>Verano</i>	<i>Otoño</i>	<i>Invierno</i>
<i>Frecuencia de siega green experimental</i>	3 veces por semana	Diaria	2 veces por semana	2 veces a la semana

2.3.6. Pinchado

El pinchado, también llamado aireación, es una operación que consiste en realizar perforaciones en el terreno con la finalidad de evitar el apelmazamiento, facilitar la aireación de las raíces, mejorar la penetración del agua y facilitar posteriores resiembras. La figura 2.29 muestra la superficie del green después del pinchado.



Figura 2.29 Superficie del green experimental después del pinchado

La máquina que se utiliza para realizar esta operación es la Greens Aerator de TORO y la profundidad del pinchado puede variar según la longitud de las agujas de la máquina. Durante el período de estudio el green se pinchó tres veces. La tabla 2.12 presenta las fechas y la profundidad de los pinchados, todos ellos en primavera; la figura 2.30 muestra la operación en el green experimental. Después del pinchado se procede a rellenar los huecos con arena y pasar el rodillo de 50 Kg.

Tabla 2.12 Pinchados llevados a cabo durante la investigación

<i>Fecha</i>	<i>Profundidad (cm)</i>
5/03/2009	10
01/03/2010	10
11/04/2011	6



Figura 2.30 Pinchado en el green experimental

2.3.7. Verticut

El verticut también se puede llamar escarificación; es una operación de siega vertical. La finalidad de este proceso es favorecer la densidad del césped, eliminar malas hierbas y tallos muertos y eliminar el colchón (*thatch*). El green experimental ha sido sometido a escarificación los días 17 de mayo de 2010 y 13 de abril de 2011. La máquina de verticut Graden de TORO fue utilizada para esta operación dejando surcos en la superficie del green después del proceso (figura 2.31).



Figura 2.31 Superficie del green después del verticut

2.4. Parámetros hidráulicos

2.4.1. Textura, materia orgánica

La determinación de la textura de los sustratos se basó en el método F 1632-03 de ASTM International. Las muestras corresponden a la arena utilizada en la construcción del green experimental en 2008. La mesa vibratoria utilizada es la *Sieve Shaker* modelo *RP09* y la temperatura de trabajo a la que se sedimentó la arcilla fue de 22°C. Los resultados promedio de tres repeticiones figuran en la tabla 2.13.

Tabla 2.13 Granulometría – ASTM F 1632-03. Construcción del green experimental

Tamaño de partícula	%
> 2 mm	0,18
> 1 mm	3,99
> 630 μm	18,92
> 500 μm	15,40
> 400 μm	15,07
> 300 μm	18,77
> 200 μm	17,92
> 100 μm	8,92
< 100 μm	0,83
Total	100,00

La materia orgánica se determinó mediante el método F 1647-02a de ASTM International en una estufa P Selecta y en una mufla marca HERAEUS modelo KR170. Los resultados de la materia orgánica del sustrato se muestran en la tabla 2.14. Estos resultados son el promedio de tres repeticiones por parcela y corresponden también a muestras tomadas durante la construcción del green experimental

Tabla 2.14 Materia Orgánica – ASTM F 1647-02a

Parcela	Materia orgánica promedio (% peso)	Repeticiones	σ
1	4,045	3	0,150
2	7,397	3	0,350
3	0,178	3	0,005
4 y 5	0,139	3	0,005

2.4.2. Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente se retiraron los primeros 5 – 7 cm de sustrato en donde se concentraba la mayor parte de las raíces del césped antes de tomar la muestra. Un sacamuestras “T” de la Standard Golf Company, un tubo biselado de acero inoxidable con tres ventanas y 1,8 cm de diámetro, se introdujo en el sustrato obteniendo una muestra entre 11 y 18 cm de altura dependiendo de la parcela. Una vez medida la altura, se procedió a retirar la muestra e introducirla en la estufa a 105°C por 24 horas. La masa seca entre el volumen de la muestra proporciona el dato de la densidad aparente.

Tabla 2.15 Densidad aparente

Parcela	Densidad aparente promedio (g/cm ³)	Repeticiones	σ
1	1,467	6	0,10
2	1,394	6	0,16
3	1,784	6	0,09
4	1,684	3	0,06
5	1,756	3	0,06

En la tabla 2.15 (reproducida nuevamente aquí) se sintetizan los datos para todas las parcelas. Las parcelas 1 y 2 contienen materia orgánica (turba), por lo que su densidad aparente es menor. Como se mencionara anteriormente, las parcelas 1 y 2 son menos uniformes que las parcelas

arenosas. Las parcelas 4 y 5, hechas del mismo sustrato, difieren un 5% en la densidad aparente debido probablemente a que el proceso de compactación en ambas es ligeramente distinto.

2.4.3. Porosidad y capacidad de campo

La determinación de la porosidad y capacidad de campo se realizó con muestras de sustrato tomadas en el momento de la construcción y secadas en estufa a 105° C por 24 horas. Columnas de policarbonato de 3,4 cm de diámetro fueron empacadas con cada sustrato alcanzando entre 27 y 29,5 cm de altura. Las columnas estaban cerradas por abajo mediante un tapón cubierto con una gasa y un tubo de goma que permitía el acceso de agua gracias a una llave-abrazadera. Mediante una jeringa calibrada se determinó el volumen muerto de la columna, es decir el volumen de agua necesario para llenar el tubo de goma hasta humedecer ligeramente la gasa y que queda fuera de la medición.

Después de anotar el volumen inicial en la jeringa, se empujó muy lentamente el émbolo hasta saturar la columna de sustrato con cuidado de no superar la superficie. El dato final del volumen de agua en la jeringa se restó del valor inicial, obteniendo el volumen de agua necesario para saturar el sustrato. La porosidad se calculó mediante la ecuación (11):

$$Porosidad = \frac{Volumen_{agua}}{Volumen_{arena}} \quad (11)$$

La tabla 2.16 presenta los valores de la porosidad para todos los sustratos. Las parcelas 4 y 5 están compuestas por el mismo sustrato, por lo que se presentan juntas.

Tabla 2.16 Porosidad

Parcela	Porosidad promedio, n (%)	Repeticiones	σ
1	40,14	2	0,787
2	51,65	2	6,422
3	34,41	2	0,537
4 y 5	34,88	2	0,816

En el caso de las parcelas 4 y 5 la porosidad corresponde sólo al espacio vacío entre las partículas de suelo, mientras que en las parcelas 1, 2 y 3 el valor se ve influenciado por las características de la enmienda. La influencia de ésta se hace más notoria en los datos de capacidad de campo. En esta determinación se pone nuevamente de manifiesto la menor uniformidad de la parcela 2 al mostrar una desviación estándar mucho mayor que las otras parcelas y que arroja una desviación del 12,4% sobre la media.

Después de la determinación de la porosidad en la que se llevó el sustrato a saturación, se procedió a abrir la llave de la columna permitiendo el drenaje libre del agua. Inicialmente el drenaje fue rápido y luego se hizo bastante más lento. La humedad volumétrica del suelo después del drenaje rápido se conoce como capacidad de campo. El interés agronómico de este parámetro es evidente: las plantas no pueden absorber el agua que fluye rápidamente pero sí el agua retenida y/o en un flujo lento. Veinticuatro horas después de la saturación se midió el volumen del agua drenada. La capacidad de campo se determinó por diferencia del agua a saturación menos el agua gravífica (ecuación 12).

$$Capacidad_{campo} = \frac{Volumen_{inyectado} - Volumen_{gravífico}}{Volumen_{arena}} \quad (12)$$

Bigelow et al. (2001, 2004) llaman a este término *water holding capacity* y han determinado que en arenas, es el contenido de agua a -3KPa de tensión (-4 KPa en campo). La tabla 2.17 muestra la capacidad de campo determinada para los diferentes sustratos del green experimental.

Tabla 2.17 Capacidad de campo de los diferentes sustratos

Parcela	Humedad Volumétrica a Capacidad de Campo (%)	Repeticiones	σ
1	34,56	2	1,182
2	45,83	2	5,840
3	28,468	2	0,468
4 y 5	26,748	2	0,028

Es notoria nuevamente la falta de uniformidad en la muestra de la parcela 2 con una desviación de los datos del 12% sobre el promedio. Comparando los resultados de capacidad de campo de las parcelas 3 y 4-5 (arena), el efecto de la enmienda en la parcela 3 incrementa la capacidad de campo de 26,75 a 28,47 %, un 6,43% más. Los datos de la parcela 2 son mayores que en la parcela 1 por lo que no es posible evaluar el efecto del hidrogel a escala de columnas. Más adelante, a nivel de parcelas (condiciones de campo), quedará expresa la diferencia.

El efecto de la materia orgánica sobre la capacidad de campo queda de manifiesto al comparar los datos de las parcelas 1 y 3. La capacidad de campo en la parcela 1 es 21,4% mayor que en la parcela 3. Otros estudios con sustratos arenosos (Bigelow et al., 2001, 2004) sitúan esta diferencia entre el 19 y el 24%.

2.4.4. Tasa de Infiltración

La tasa de infiltración es la cantidad de agua infiltrada por unidad de superficie y de tiempo. Cuando el suelo no está saturado, la infiltración acumulada (I) está relacionada con la sorptividad (S) y una constante (A) mediante la ecuación 13 (Philip, 1957).

$$I = S t^{0.5} + A t \quad (13)$$

La sorptividad es la capacidad del suelo de absorber o desorber líquido por capilaridad, que, a medida que el suelo se satura, tiende a resultar despreciable y la infiltración (I) es igual a la constante (A) por el tiempo t . Cuando el medio se encuentra saturado, A , corresponde a la conductividad hidráulica saturada (K_s) (Ren y Lai, 2010). La tasa de infiltración de las parcelas se determinó inicialmente utilizando el método de doble anillo que consiste en insertar dos anillos concéntricos unos 10 a 15 cm en el suelo, llenándolos de agua. Mientras el agua en el anillo exterior se mantiene a un nivel constante, la tasa de infiltración se mide en el anillo interior determinando el descenso de la altura del agua con el tiempo. El agua en el anillo exterior sirve para asegurar el flujo vertical del agua que se infiltra en el anillo interior y evitar flujos laterales que alterarían la medición (figura 2.32).

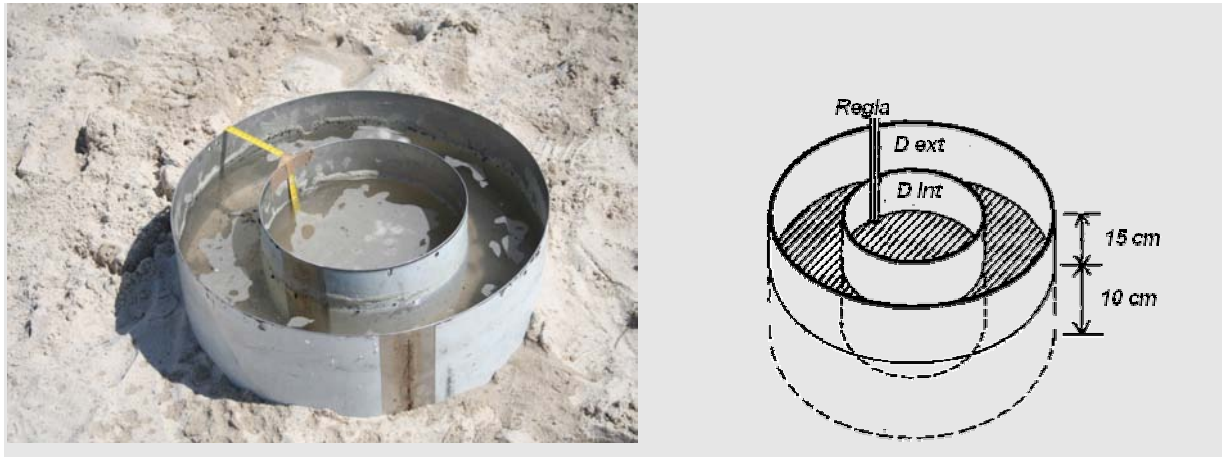


Figura 2.32 Infiltrómetro de doble anillo

A partir del segundo año, el equipo utilizado en la determinación de la tasa de infiltración fue el infiltrómetro IN2-W de Turftech International: un infiltrómetro de doble anillo pequeño y compacto de 10,79 cm de diámetro en el anillo exterior y 6,03 cm de diámetro en el anillo interior (figura 2.33). Tiene como ventajas su fácil incrustación en el terreno, el menor requerimiento de agua para la medición y una afección mínima al green. Su principal desventaja es su reducido diámetro, que no abarca la posible variabilidad de la conductividad hidráulica en las zonas vecinas, por lo que generalmente se recomienda el uso de diámetros mayores (Ren y Lai, 2010).

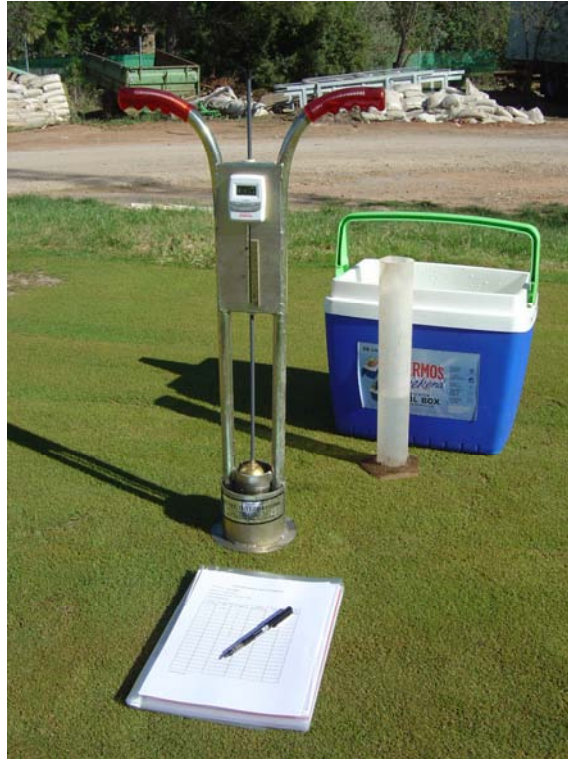


Figura 2.33 Infiltrómetro IN2-W

La necesidad de controlar frecuentemente este parámetro y la relativa homogeneidad de los sustratos aconsejaron el uso del infiltrómetro de Turftech International. La determinación de la tasa de infiltración se realizó según las indicaciones de uso del infiltrómetro IN2-W (Turf-Tec International, 2009): después de incrustar el infiltrómetro, éste se llenó de agua repetidas veces hasta asegurar la saturación de la zona; se midió entonces el tiempo de infiltración en el sustrato.

En la gráfica del agua infiltrada vs. tiempo, la pendiente de la recta corresponde a la tasa de infiltración, A . La condición de saturación previa del medio fomenta una tasa de infiltración constante (figura 2.34), se asume que cercana a la conductividad hidráulica saturada K_s .

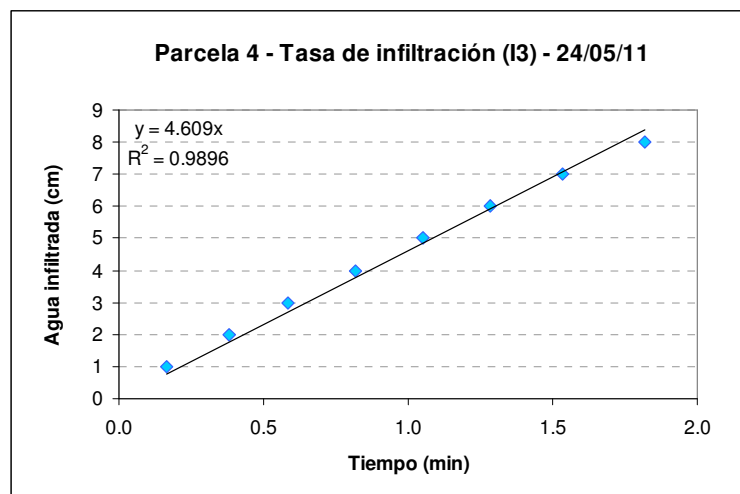


Figura 2.34 Ejemplo de determinación de la tasa de infiltración – Parcela 4

La medición de la tasa de infiltración se realizó en tres puntos diferentes de cada parcela, cuyo promedio se presenta en la tabla 2.18; la figura 2.35 indica la evolución de la tasa de infiltración en todos los sustratos durante la investigación. Se destaca la paulatina disminución de la tasa de infiltración debida posiblemente a la compactación de los sustratos por las continuas labores de siega, al desarrollo radicular del césped y a la acumulación paulatina de materia orgánica en los sustratos (Gaussoin, 2012). La tasa de infiltración sólo se ve incrementada por el procedimiento de pinchado, aunque no se consiguen recuperar los valores iniciales en ningún sustrato.

Tabla 2.18 Tasa de infiltración de las parcelas durante la investigación

Fecha	Tasa de infiltración (cm/min)				
	P1	P2	P3	P4	P5
abr-09	1,46	1,93	4,01	5,33	5,00
jun-09	0,44	1,40	2,95	3,59	3,63
nov-09	0,64	0,74	2,57	3,44	3,30
abr-10	0,79	1,25	3,54	3,45	3,42
jun-10	0,73	1,51	3,13	3,66	3,62
oct-10	0,21	0,76	1,94	1,88	2,01
feb-11	0,27	0,61	1,81	2,09	2,08
may-11	0,96	1,86	2,83	3,61	3,26

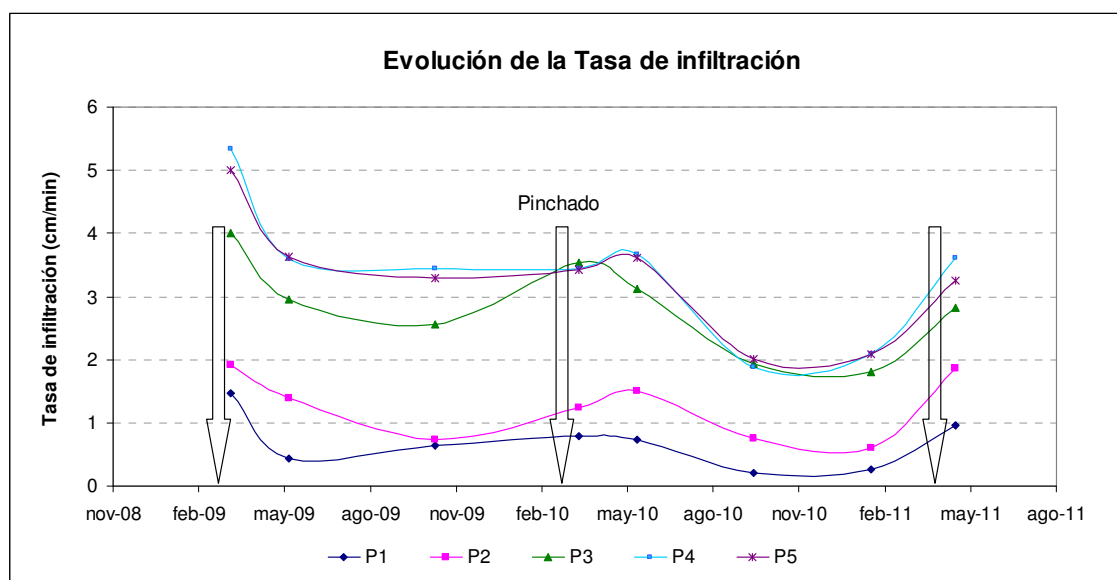


Figura 2.35 Evolución de la tasa de infiltración de

Se observan en la figura 2.35 dos grupos con marcada diferencia en la tasa de infiltración. El grupo conformado por las parcelas enmendadas con materia orgánica (parcelas 1 y 2) presenta una tasa de infiltración notoriamente menor que la de las parcelas 100% arenosas (3, 4 y 5). Dentro de estos grupos, las parcelas 1 y 3, enmendadas con el hidrogel, son las que tienen menor tasa de

infiltración. Las referencias de los valores de la tasa de infiltración para los greens son variadas. La USGA (2004) recomienda una tasa de infiltración mínima de 0,25 cm/min en los greens nuevos, mientras que Gaussoin (2012) presenta en su estudio que en los tres primeros años la tasa de infiltración de los greens se encuentra aproximadamente entre 0,46 y 1,33 cm/min. Sólo la parcela 1 presenta en dos oportunidades valores inferiores, posible efecto de la doble enmienda, mientras que las demás parcelas se encuentran en todo momento por encima de este rango de valores.



Capítulo 3 – Balance hídrico

- 3.1. El balance hídrico
- 3.2. Introducción
- 3.3. Entradas de agua
- 3.4. Salidas por drenaje
- 3.5. Humedad y almacenamiento
- 3.6. Evapotranspiración

3. Balance hídrico

3.1. El balance hídrico

El agua en la tierra se encuentra en constante movimiento dentro de lo que se denomina *ciclo hidrológico*. En él, el agua superficial y la contenida en ciertas zonas de los suelos se evapora y/o transpira para generar vapor que se concentra en las nubes, provocando precipitaciones que vuelven a ocupar cuerpos de agua superficial y/o se internan en el subsuelo, e inician nuevamente el ciclo. El ciclo hidrológico puede cuantificarse en una superficie mediante el balance hídrico ya que éste relaciona los distintos flujos de agua hacia o desde un sistema bajo el principio de conservación de masas, en el que las entradas son iguales a las salidas más la variación en el contenido de agua que sufre el sistema.

En un sistema que no comparte flujo de agua con otros sistemas vecinos, las entradas están compuestas por las lluvias (P) y los riegos (R) y las salidas corresponden al drenaje (G) y a la pérdida de agua por evaporación y/o transpiración de la cubierta vegetal, la evapotranspiración (EVT). La variación del contenido de agua corresponde a la variación de la humedad del sistema (ΔV).

La expresión matemática del balance hídrico viene dada en la ecuación 14 y gráficamente en la figura 3.1 donde se ven representados sus componentes.

$$P + R = G + EVT + \Delta V \quad (14)$$

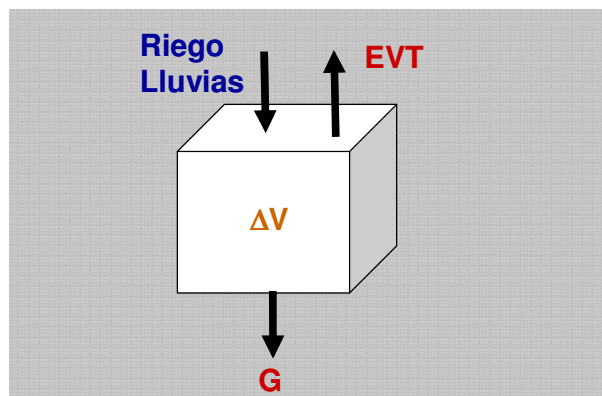


Figura 3.1 Representación del balance hídrico

Gracias al balance hídrico es posible determinar indirectamente parámetros que resultan difíciles de medir de manera directa, pero que son realmente importantes en la gestión de los recursos hídricos de una región, como las necesidades hídricas de una zona (la evapotranspiración real), o la recarga, en el caso de los acuíferos. En general, no es posible contar con todos los parámetros necesarios, por lo que se utilizan estimaciones de la evapotranspiración, o se realiza el cálculo

cuando $\Delta V=0$. El green experimental, expresamente acondicionado para la medición de los componentes P , R , G y ΔV proporciona el dato de la evapotranspiración real en todos los sustratos con lo que arroja el requerimiento real de agua del césped mantenido a condiciones de green, uno de los objetivos del estudio.

3.2. *Introducción*

La mayor parte de los estudios realizados sobre el diseño (Taylor et al., 1994; Hunt y Baker, 1996; Prettyman y McCoy, 1999, 2003; Bigelow et al., 2001), la composición (Zhang y Baker, 1999; Bigelow et al., 2000, 2004; Waltz et al., 2003; McCoy et al., 2007) y el riego (Lodge y Baker, 1992, 1993; Sass y Horgan, 2006) de los greens de los campos de golf se han llevado a cabo en condiciones controladas en lisímetros, columnas o mesas y durante intervalos de tiempo que comprenden desde los 10 días hasta dos estaciones del año, generalmente primavera-verano (*growing season*).

Estos estudios establecen que el diseño constructivo de los greens recomendado por la Asociación Norteamericana de Golf (USGA) genera dos zonas en el sustrato: una zona superficial bien drenada y una zona profunda más húmeda donde se acumula el agua antes de abandonar el sustrato.

A partir de ensayos en columnas en que el perfil completo se satura durante 24 horas y luego se deja drenar (Zhang y Baker, 1999; Bigelow et al., 2000, 2004; Waltz et al., 2003; McCoy et al., 2007) se postula que la adición de turba incrementa la capacidad de retención de agua de las arenas; sin embargo, esta condición no se alcanza en ningún momento en condiciones de campo por lo que se desea evaluar cuál es la verdadera función de esta enmienda. Sobre los efectos de la adición del hidrogel utilizado en esta investigación (TerraCottem®) no se han encontrado referencias, pero algunos estudios sobre geles hidrofílicos indican que incrementan el almacenamiento en sustratos arenosos al evitar la percolación profunda y retrasar así el marchitamiento si su aplicación es seguida de un tipo de riego apropiado: aspersores mejor que goteo (Johnson, 1984; Abedi-Koupai et al., 2008a, 2008b; Silberbush et al., 1993a, 1993b; Al-Darby, 1996; Bowman et al., 1990; Andry et al., 2009); otros, en cambio, encuentran poco o ningún beneficio de la aplicación de los hidrogeles (Ingram y Yeager, 1987; Lamont y O'Connell, 1987; Henderson y Hensley, 1986; Fry y Butler, 1989). Se ha encontrado también que su adición tiene efectos sobre la tasa de infiltración, densidad aparente, compactación, estructura del suelo, tasa de evapotranspiración y salinización del suelo dependiendo de la dosis de aplicación (Helalia y Letey, 1988, 1989; Tayel y El-Hady, 1981; Silberbush, 1993a, 1993b; Al-Darby, 1996; Abedi-Koupai et al., 2008a; Andry et al., 2009).

Sobre el régimen de riego, la mayor parte de los estudios consultados coinciden en recomendar riegos intensos y espaciados en los que se reponga la evapotranspiración de referencia ET_o cada 4 días frente a riegos ligeros y frecuentes (Jordan et. al, 2003; Fu y Dernoeden, 2008) y alertan de los problemas que se pueden derivar del exceso de agua en el suelo (Dernoeden, 2006). Pero ¿qué porcentaje de un riego intenso queda en el sustrato del green a disposición de las raíces?, ¿representa realmente ET_o la pérdida de agua?, ¿es posible mantener un régimen de riego que reponga ET_o en condiciones de campo y de juego en una zona semiárida?, ¿qué régimen de riego es el adecuado si se persigue también la eficiencia hídrica?

La construcción de un green experimental de cerca de 300 m² en el campo de golf del Club de Campo del Mediterráneo en Castellón, equipado como se detalla en el capítulo anterior, persigue entender mejor la relación entre el riego y el funcionamiento de los sustratos en beneficio de la calidad de la hierba sobre la que se desarrolla el juego. Para lograr este fin se han controlado las entradas y salidas de agua en las parcelas que conforman el green experimental desde su siembra, el día 26 de agosto de 2008. Éste, sin embargo, no se ha considerado como green en sentido estricto hasta el establecimiento de la hierba sobre su superficie. La hierba se consideró establecida el día 06 de mayo de 2009 en que se alcanzó una altura de siega de 3,5 mm.

Cada año de funcionamiento, el green ha estado sometido a distintos regímenes de riego que buscaron inicialmente el establecimiento del césped y posteriormente la eficiencia y el mantenimiento de la calidad de la hierba. Las distintas respuestas de los sustratos se van a comparar en los próximos epígrafes.

El estudio del flujo del agua en los sustratos del green experimental ha requerido el análisis de los componentes del balance hídrico del sistema así como de la velocidad del frente de humedad y el tiempo de permanencia del agua. De acuerdo con esta información se determinará cómo afectan las distintas enmiendas al tránsito del agua en los sustratos y se simulará el flujo en los distintos perfiles utilizando el modelo HYDRUS 1D.

3.3. Entradas de agua

Las entradas de agua las conforman las precipitaciones y los riegos. Desde el momento de su siembra, el día 26 de agosto de 2008, hasta el 31 de diciembre de 2011 las parcelas del green experimental han recibido 251 eventos de precipitación y entre 602 y 625 riegos. Las lluvias representan en promedio el 31, 36, 23 y 29 % del volumen de las entradas de los años 2008 a 2011, respectivamente.

3.3.1. Precipitaciones (P)

La lluvia es una variable aleatoria que presenta una distribución temporal y espacial no predecible. La cantidad de lluvia que cae sobre las parcelas afecta al régimen de riego, que debe suspenderse cuando la precipitación es intensa e intensificarse cuando las precipitaciones son débiles o inexistentes. Se puede decir que el régimen de riego debe adecuarse al de lluvias de manera más o menos inversa.

La precipitación media anual en la franja costera de Castellón entre los años 1945 y 2005 es de 485 mm (González-Hidalgo, 2008; González et al., 2010); por tanto, la investigación se llevó a cabo durante un año más húmedo que la media histórica (2009) seguido de dos años más secos (2010 y 2011). Los valores de precipitación durante el estudio se indican en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Lluvias - Años 2009 a 2011

Año	Lluvias (mm)												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	total
2009	42,8	8,9	37,2	45,1	3,1	4,5	8,0	2,3	359,6	6,3	3,1	63,7	584,6
2010	66,8	28,5	33,3	40,4	47,1	45,0	0,0	41,5	24,6	70,8	9,6	9,6	417,2
2011	22,7	5,6	97,3	41,4	37,7	28,3	9,9	0,0	16,5	23,6	182,3	5,9	471,2

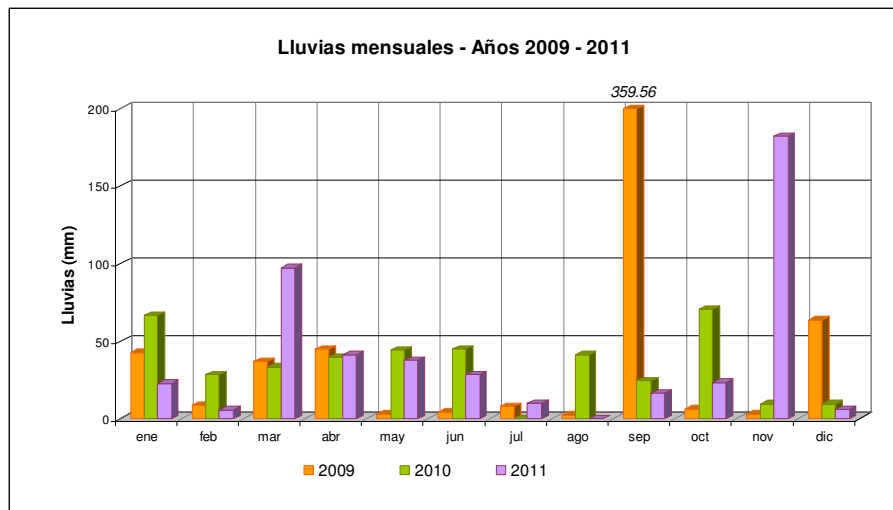


Figura 3.2. Régimen mensual de lluvias - años 2009 a 2011

Durante la investigación, los años más húmedos fueron 2009 y 2011. Estos años contaron con 1 ó 2 meses con precipitaciones muy intensas, mayores de 4 mm/día (promedio) mientras la mayor parte del año (entre 7 y 8 meses) la precipitación resultó baja (< 1 mm/día). En 2010, el año más seco, hubo 8 meses con precipitaciones moderadas o fuertes y sólo 4 meses secos

(precipitación promedio < 1 mm/día) con lo que la precipitación estuvo mejor repartida a lo largo del año (tabla 3.2 y figura 3.2)

Tabla 3.2 Distribución de los meses según la intensidad de la precipitación.

Año	Intensidad de la precipitación (mm/día)				
	0-1	1-2	2-3	3-4	>4
2009	7	3	1		1
2010	4	6	2		
2011	8	2		1	1

3.3.2. Riegos (R)

Los riegos son entradas controladas en su intensidad y temporalidad. Establecen diferencias entre las parcelas ya que cada una presenta distinto requerimiento de agua para mantener una determinada calidad de césped.

Los riegos durante la investigación persiguieron diferentes objetivos:

1. En 2008 el objetivo fue el adecuado establecimiento del césped
2. En 2009, complementar las precipitaciones para la reposición de la evapotranspiración de referencia (ET_o)
3. En 2010, el mantenimiento de un nivel de humedad en el suelo que garantizara una buena calidad del césped, que en adelante se mencionará como condición de disponibilidad total de agua. Las pruebas de caracterización del flujo con trazadores que empezaron en diciembre de este año incrementaron el riego más allá del requerimiento del césped.
4. En 2011 el objetivo fue realizar las siguientes pruebas con miras a revelar el efecto de las enmiendas:
 - a. Caracterización del flujo mediante el uso de trazadores de enero a mayo.
 - b. Mantenimiento de la hierba al límite de la calidad aceptable de junio a diciembre

El año 2008 se caracterizó por la aplicación de una gran cantidad de agua pues el objetivo era el establecimiento del césped sin implantar restricciones de agua. Este año no se presentan datos ya que el césped no estaba totalmente desarrollado.

3.3.2.1. Régimen de riego durante 2009

Durante el año 2009 la pauta de riego obedeció a la intención de complementar las precipitaciones con el fin de reponer la evapotranspiración de referencia (ET_o). La imprevisibilidad de las precipitaciones, sin embargo, impidió alcanzar este objetivo ya que algunos episodios de lluvias fuertes trastocaron las entradas (E) de algunos meses (por ejemplo, la gota fría de septiembre).

En otros casos, la suspensión del riego por previsión de lluvias que no llegaron dio como resultado un riego deficitario (abril) y en los meses de mayo a julio cuando la precipitación fue baja y se pudo regar siguiendo ET_o , se apreció que su simple reposición resultaba claramente insuficiente para evitar el marchitamiento de la hierba, por lo que hubo que incrementar el riego en más del 30%. El riego muy superior el mes de noviembre en la parcela 3 (subrayado en la tabla) corresponde al exceso de un día por un fallo en la programación del riego automático.

La tabla 3.3 presenta el riego promedio (R_{prom}), la precipitación (P), entradas ($E=P+R_{prom}$) y ET_o mensuales así como la desviación de las entradas (E) con respecto a ET_o .

Tabla 3.3. Riegos mensuales por parcela - año 2009

Riego 2009 (mm)													
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	total
P1	13,7	29,8	58,7	27,3	184,5	191,1	169,7	122,5	43,5	57,6	74,0	20,9	993,3
P2	12,2	27,8	57,2	27,7	185,3	182,1	169,7	123,8	46,4	55,6	77,9	22,6	988,1
P3	8,8	42,8	54,2	26,5	189,3	166,3	149,5	118,2	46,0	59,5	<u>121,7</u>	29,6	1012,2
P4	13,7	28,0	64,5	33,4	216,1	195,7	186,4	120,3	46,5	58,6	70,1	23,9	1057,1
R_{prom}	12,1	32,1	58,6	28,7	193,8	183,8	168,8	121,2	45,6	57,8	74,0	24,2	$\sigma=31,4$
P	42,8	8,9	37,2	45,1	3,1	4,5	8,0	2,3	359,6	6,3	3,1	63,7	
E	54,9	41,0	95,8	73,8	196,9	188,3	176,8	123,5	405,2	64,1	77,1	87,9	
ET_o			74,6	98,7	126,4	137,2	134,6	125,7	86,5	63,7	51,2	38,3	
Desv.			+28%	-25%	+56%	+37%	+31%	-2%	+368%	+1%	+50%	+130%	
Obs.					requerimiento de la hierba				gota fría			lluvia intensa	

El riego para complementar las lluvias en reposición de ET_o es muy difícil en condiciones de campo e incluso hay meses en que es insuficiente. No se puede evaluar el papel de los sustratos ya que el riego sigue la misma referencia en todas las parcelas y se obtienen valores muy cercanos de consumo ($\sigma=31,4$ mm). No parece una opción para el mantenimiento de los greens y tampoco garantiza una buena calidad visual del césped. Sólo como referencia, la figura 3.3 muestra la relación de los riegos con ET_o y se pueden ver las escasas diferencias que se establecen entre las parcelas.

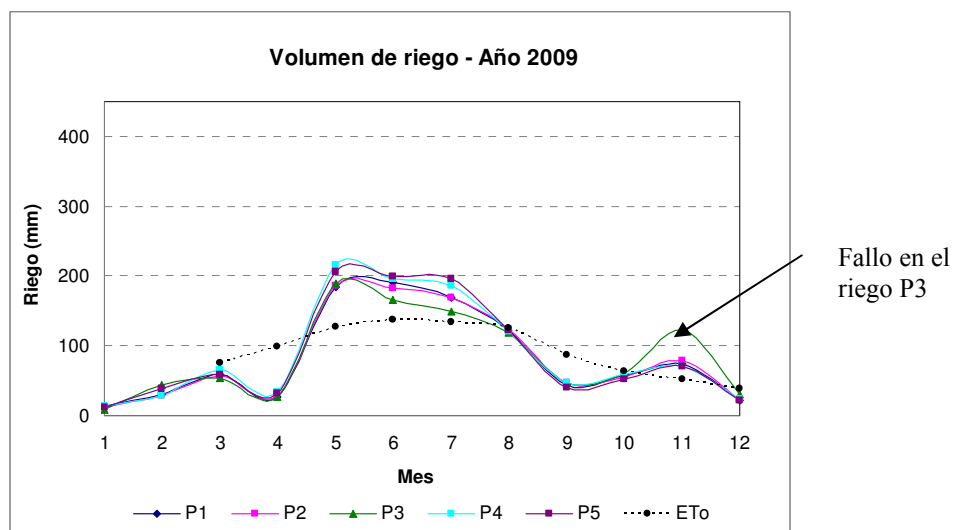


Figura 3.3 Riego en las parcelas - año 2009

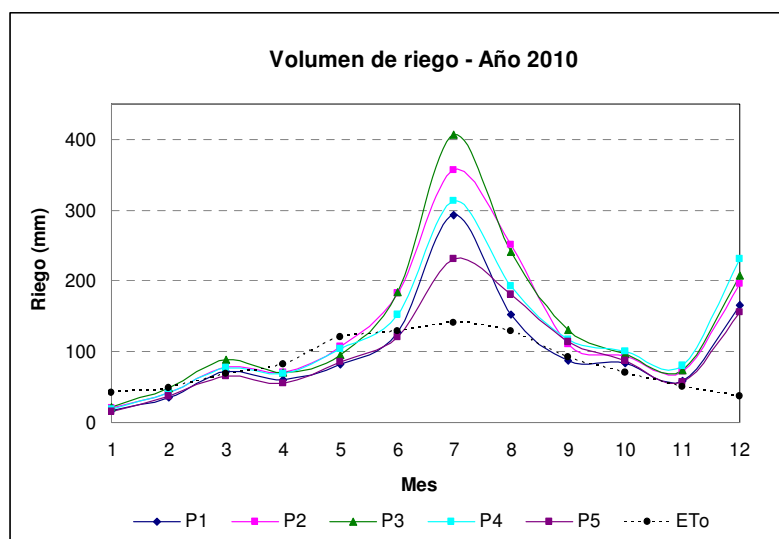


Figura 3.4 Comparación del riego en las parcelas - año 2010

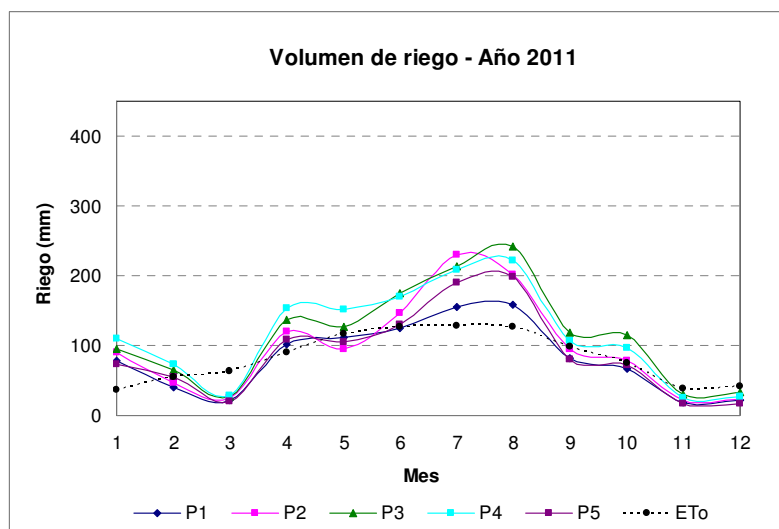


Figura 3.5 Comparación del riego en las parcelas - año 2011

3.3.2.2. Régimen de riego durante 2010

Durante el año 2010 el régimen de riego tuvo como objetivo el mantenimiento de la calidad visual del césped. Este año no se tomó como referencia la precipitación, aunque el riego se suspendió los días con lluvia. El nivel de humedad en cada sustrato se pudo seguir gracias a la instalación de los sensores de humedad (desde el 15 de febrero). De febrero a mediados de mayo de 2010 el riego estuvo en promedio un 9% por debajo de ET_o sin menguar la calidad de la hierba, se buscó entonces establecer un nivel de humedad a 12 cm de profundidad (línea azul en la figura 3.6) que permitiera mantener la calidad en los meses de verano. Se encontró que a medida que avanzaba la primavera, el nivel de humedad requerido por la hierba se incrementaba hasta alcanzar un valor que resultó adecuado para todo el verano. La figura 3.6 muestra, a modo de ejemplo, cómo se incrementó de manera paulatina la humedad (θ_v) a 12 cm desde 8,56 hasta 11,36% en la parcela 5. La tabla 3.4 muestra los valores promedio de humedad a 12 cm y los correspondientes valores alcanzados a 18 y 24 cm en cada sustrato.

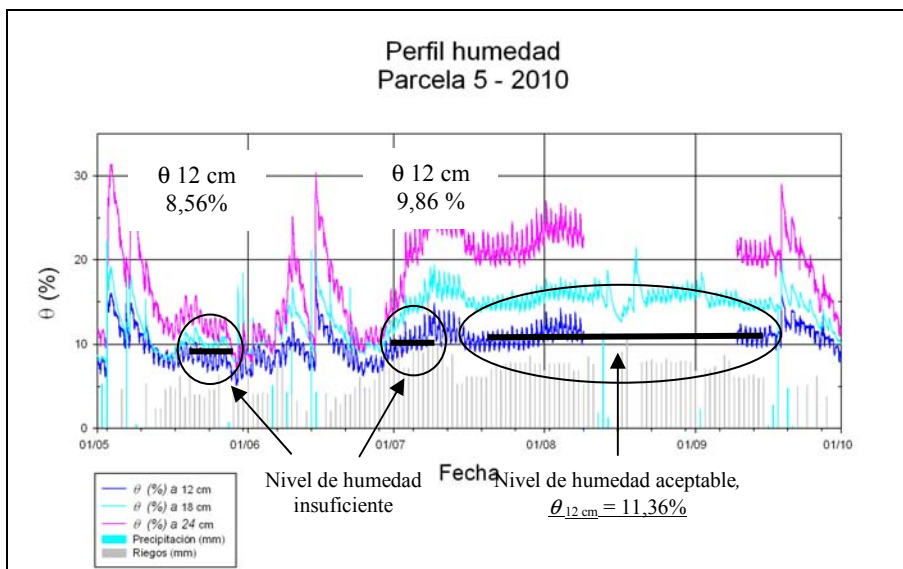


Figura 3.6 Evolución de la humedad en el interior de la parcela 5 (mayo a octubre 2010)

Tabla 3.4 Niveles de humedad promedio establecidos a 12 cm en las parcelas durante el verano de 2010 y correspondientes valores alcanzados a 18 y 24 cm

Parcela	Humedad volumétrica (θ_v) a 12 cm (%)	Humedad volumétrica (θ_v) a 18 cm (%)	Humedad volumétrica (θ_v) a 24 cm (%)
1	10,61	13,99	21,24
2	8,37	10,76	15,07
3	8,56	12,24	14,45
4	11,76	-	21,55

La humedad requerida para mantener la calidad deseada fue mayor en la parcela no enmendada (parcela 4) que en la parcela enmendada con turba (Parcela 2), aunque llama la atención que pese a que el riego de julio a septiembre fue mayor en la parcela 2 (718 mm – tabla 3.5) que en la parcela 4 (622,8 mm) la humedad a 12 cm sea menor considerando la reconocida capacidad de la materia orgánica de retener el agua (Zhang y Baker, 1999; Bigelow et al., 2000, 2004; Waltz et al., 2003; McCoy et al., 2007).

Por su parte, las parcelas con hidrogel presentan distintos niveles de humedad según el sustrato:

- La parcela 1 muestra mayor humedad que su homóloga no enmendada (parcela 2) a todas las profundidades pese a recibir mucho menor riego (532 mm), lo que pone de manifiesto que el aditivo tiene notable capacidad de retener agua.
- La parcela 3, en cambio, es la que más riego recibe (777 mm) y presenta menores niveles de humedad a 12 y 24 cm que la parcela 4, su homóloga sin el aditivo, posible efecto de la retención del agua en la zona superficial donde se encuentra el hidrogel.

La instalación de un sensor adicional, más superficial, donde se encuentra la mayor parte de la materia orgánica en la parcela 2 y el aditivo en las parcelas 1 y 3 hubiera aportado mayor información sobre la distribución del agua en los sustratos. A falta de ello, el estudio del flujo del capítulo siguiente puede explicar estas aparentes anomalías. Finalmente, es de destacar que a medida que avanzó el verano, el riego requerido para mantener constante la humedad disminuyó.

Las lluvias de octubre hicieron mantener la humedad al nivel previsto y en noviembre los sensores a 12 cm fallaron y no volvieron a funcionar hasta febrero de 2011 con lo que ya no se controló la humedad aunque en noviembre se continuó regando con miras a mantener la calidad del césped. En diciembre se pusieron en marcha las pruebas de caracterización de flujo con trazadores con lo que el riego fue elevado y superior al deseado.

La tabla 3.5 muestra el riego mensual en cada parcela, el riego mensual promedio y su comparación con ET_o ; el dato de la precipitación se coloca como referencia para saber si se trataba de un mes lluvioso o seco. Se resalta de estos datos que el riego en los meses de verano (sólo para mantener la humedad constante en el perfil) superó la evapotranspiración de referencia el 142% en julio, el 64% en agosto y el 22% en septiembre.

La figura 3.4 compara gráficamente el volumen de riego entre las parcelas y compara estos con el valor de la evapotranspiración de referencia.

Tabla 3.5 Riegos mensuales por parcela – año 2010

Riego 2010 (mm)													
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	total
P1	16,4	35,8	72,1	61,0	82,1	127,7	292,2	152,9	87,0	83,1	58,8	166,1	1235,1
P2	20,1	41,9	78,7	69,7	106,9	182,0	357,0	251,0	110,0	93,1	71,5	195,2	1577,0
P3	21,9	48,6	88,0	70,6	95,5	184,4	405,9	240,3	131,2	96,6	74,1	207,0	1664,2
P4	18,5	41,4	77,0	68,7	103,3	152,6	312,3	193,0	117,5	100,1	81,0	230,9	1496,2
R_{prom}	19,2	41,9	78,9	67,5	97,0	161,7	341,8	209,3	111,4	93,2	70,4	199,8	$\sigma=185$
ET_o	42,0	48,8	69,3	81,2	120,9	129,6	141,3	128,0	91,2	70,5	50,2	36,2	
Desv.	-54%	-14%	+14%	-17%	-20%	+25%	+142%	+64%	+22%	+32%	+40%	+452%	
P	66,8	28,5	33,3	40,4	47,1	45,0	0,0	41,5	24,6	70,8	9,6	9,6	

El riego orientado al mantenimiento de la calidad del césped es muy importante en los greens ya que su calidad es un reclamo en los campos de golf. Este tipo de riego proporciona la “condición estándar” de la FAO (2006) de disponibilidad total de agua para que la hierba crezca en las mejores condiciones bajo las que se calculan los coeficientes de cultivo. Bajo esta condición de humedad las parcelas enmendada con materia orgánica (2) y 100% arenosa (4) han requerido un riego anual similar (diferencia de un 5%) mientras que las parcelas enmendadas con hidrogel consumieron, en el caso de la parcela 1, un 22% menos de agua y en la parcela 3, un 11% más de agua.

3.3.2.3. Régimen de riego durante 2011

Durante el año 2011 el régimen de riego fue modificado varias veces. De enero a mayo las pruebas de caracterización del flujo mediante el uso de trazadores requirieron un riego excesivo para esa época del año. Junio fue un mes intermedio entre dos condiciones de humedad en el suelo: de excesiva a límite de calidad. Este mes se cuidó la calidad de la hierba de cara al ligero estrés al que se sometería en verano en el que la humedad en los sustratos se mantuvo por debajo de los niveles del 2010 con el fin de ahorrar agua sin afectar mucho la calidad de la hierba. La tabla 3.6 muestra el nivel de humedad mantenido en las parcelas durante el verano de 2011. Debido a fallos en los sensores la parcela 1 no tuvo tal control y en la parcela 3 el control se mantuvo utilizando el sensor a 18 cm.

Tabla 3.6 Niveles de humedad establecidos en las parcelas durante el verano de 2011 y correspondientes valores alcanzados otras profundidades

Parcela	Humedad volumétrica (θ_v) a 12 cm (%)	Humedad volumétrica (θ_v) a 18 cm (%)	Humedad volumétrica (θ_v) a 24 cm (%)
1	-	-	-
2	6,87 (-1,5)	8,94	9,92
3	-	11,02 (-1,22)	-
4	7.22 (-4,5)	-	18,90

La reducción de la humedad en los perfiles durante el verano tuvo como consecuencia una reducción en los riegos de julio (-41%) y agosto (-2%). Mantener el green al límite de calidad requirió también menor riego (promedio) en los meses de septiembre (-10%) y octubre (-5%) pese a la menor precipitación. En noviembre, la razón de la gran reducción en el riego son las lluvias intensas (182,3 mm) y diciembre no es comparado ya que en 2010 se iniciaron las pruebas con trazadores y el riego fue excesivo.

La tabla 3.7 muestra el riego mensual en cada parcela, el riego mensual promedio y lo compara con ET_o ; el dato de la precipitación se coloca como referencia para saber si se trataba de un mes lluvioso o seco. Se resalta de estos datos que en los meses de verano, en que se mantuvo un menor nivel de humedad, el riego superó la evapotranspiración de referencia el 56% en julio, el 62% en agosto y el 2% en septiembre.

Tabla 3.7 Riegos mensuales por parcela en el año 2011

Riego 2011 (mm)													
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	total
P1	78,6	39,4	21,3	101,2	110,9	125,2	154,7	157,5	81,3	65,8	19,1	21,3	976,2
P2	89,9	46,6	25,5	119,4	94,3	147,1	229,2	201,1	94,7	78,1	21,4	23,6	1170,9
P3	95,7	65,3	25,8	137,4	126,1	174,6	213,7	241,5	117,8	114,7	29,3	33,1	1375,0
P4	109,3	74,1	28,6	153,2	151,7	170,8	208,5	222,3	106,6	97,0	24,4	27,1	1373,6
R_{prom}	93,4	56,3	25,3	127,8	120,7	154,4	201,5	205,6	100,1	88,9	23,6	26,3	
ET_o	36,7	54,8	63,3	89,7	116,1	129,7	129,1	127,0	98,5	75,1	38,0	41,3	
Desv.	155%	3%	-60%	42%	4%	19%	56%	62%	2%	18%	-38%	-36%	
P	22,7	5,6	97,3	41,4	37,7	28,3	9,9	0,0	16,5	23,6	182,3	5,9	

La figura 3.5 compara gráficamente el volumen de riego entre las parcelas y las compara con el valor de la evapotranspiración de referencia.

Las pruebas realizadas en 2011 aportarán información interesante sobre el funcionamiento de los sustratos bajo condiciones de excesiva humedad pero sobretudo de cuánta agua puede ahorrarse afectando ligeramente la calidad de la hierba. También se ha encontrado que bajo condiciones de riego deficitario es cuando mejor se interpreta el papel de las enmiendas.

3.3.2.4. Frecuencia e intensidad de riego

La programación del riego es un tema de interés que se puede abordar desde dos ópticas: en una el riego se realiza de acuerdo a la apreciación de la calidad visual de la hierba y en la otra el riego se realiza siguiendo el control de parámetros como la humedad del sustrato o la temperatura capilar de la hierba.

La observación de la calidad visual de la hierba es una referencia subjetiva que Throsell (1990) considera que puede llevar a la sobre-irrigación; sin embargo, es una condición imprescindible incluso para evaluar el resultado de las investigaciones ya que cualquier régimen de riego que no mantenga la calidad de la hierba en el green es difícil de aplicar en el golf donde el estado de los greens es el factor más importante por el que los jugadores juzgan la calidad del campo entero (Johnson, 2003; Liu, 2004). Así, al evaluar el resultado de regímenes de riego fijos en la frecuencia y/o en el volumen (Young et al., 1997; Jordan et al., 2003, 2005; Da Costa y Huang, 2005, 2006; Baldwin et al., 2006; Fu y Dernoeden, 2008, 2009) se hace referencia a la calidad visual resultante de la experiencia, que en algunas ocasiones es deficiente, convirtiendo los resultados en poco aplicables (Fu y Dernoeden, 2009). Lo mismo sucede cuando el riego se orienta a mantener un nivel de humedad fijo en el sustrato (Blonquist et al., 2006; Shedd et al., 2007; Vasanth, 2008) o mantener el diferencial entre las temperaturas capilar y ambiental (Throsell, 1990; Carrow, 1993).

En la presente investigación se han practicado regímenes de riego que, al perseguir objetivos distintos, variaron en frecuencia e intensidad dando como resultado una determinada calidad visual de la hierba. La frecuencia e intensidad de los riegos de los años 2009 a 2011 se detallan a continuación.

Tabla 3.8 Entradas del año 2009 (mm)

P	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio		julio		agosto		septiembre		octubre		noviembre		diciembre		Total Riego	Total Lluvia
	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P		
1	13,7	42,8	29,8	8,9	58,7	37,2	27,3	45,1	184,5	3,1	191,1	4,5	169,7	8,0	122,5	2,3	43,5	359,6	57,6	6,3	74,0	3,1	20,9	63,7	993,3	584,4
2	12,2	42,8	27,8	8,9	57,2	37,2	27,7	45,1	185,3	3,1	182,1	4,5	169,7	8,0	123,8	2,3	46,4	359,6	55,6	6,3	77,9	3,1	22,6	63,7	988,1	584,4
3	8,8	42,8	42,8	8,9	54,2	37,2	26,5	45,1	189,3	3,1	166,3	4,5	149,5	8,0	118,2	2,3	46,0	359,6	59,5	6,3	121,7	3,1	29,6	63,7	1012,2	584,4
4	13,7	42,8	28,0	8,9	64,5	37,2	33,4	45,1	216,1	3,1	195,7	4,5	186,4	8,0	120,3	2,3	46,5	359,6	58,6	6,3	70,1	3,1	23,9	63,7	1057,1	584,4

Tabla 3.9 Entradas del año 2010 (mm)

P	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio		julio		agosto		septiembre		octubre		noviembre		diciembre		Total Riego	Total Lluvia
	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P		
1	16,4	66,8	35,8	28,5	72,1	33,3	61,0	40,4	82,1	47,1	127,7	45,0	292,2	0,0	152,9	41,5	87,0	24,6	83,1	70,8	58,8	9,6	166,1	9,6	1235,1	417,3
2	20,1	66,8	41,9	28,5	78,7	33,3	69,7	40,4	106,9	47,1	182,0	45,0	357,0	0,0	251,0	41,5	110,0	24,6	93,1	70,8	71,5	9,6	195,2	9,6	1577,0	417,3
3	21,9	66,8	48,6	28,5	88,0	33,3	70,6	40,4	95,5	47,1	184,4	45,0	405,9	0,0	240,3	41,5	131,2	24,6	96,6	70,8	74,1	9,6	207,0	9,6	1664,2	417,3
4	18,5	66,8	41,4	28,5	77,0	33,3	68,7	40,4	103,3	47,1	152,6	45,0	312,3	0,0	193,0	41,5	117,5	24,6	100,1	70,8	81,0	9,6	230,9	9,6	1496,2	417,3

Tabla 3.10 Entradas del año 2011 (mm)

P	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio		julio		agosto		septiembre		octubre		noviembre		diciembre		Total Riego	Total Lluvia
	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P		
1	78,6	22,7	39,4	5,6	21,3	97,3	101,2	41,4	110,9	37,7	125,2	28,3	154,7	9,9	157,5	0,0	81,3	16,5	65,8	23,6	19,1	182,3	21,3	5,9	976,2	471,1
2	89,9	22,7	46,6	5,6	25,5	97,3	119,4	41,4	94,3	37,7	147,1	28,3	229,2	9,9	201,1	0,0	94,7	16,5	78,1	23,6	21,4	182,3	23,6	5,9	1170,9	471,1
3	95,7	22,7	65,3	5,6	25,8	97,3	137,4	41,4	126,1	37,7	174,6	28,3	213,7	9,9	241,5	0,0	117,8	16,5	114,7	23,6	29,3	182,3	33,1	5,9	1375,0	471,1
4	109,3	22,7	74,1	5,6	28,6	97,3	153,2	41,4	151,7	37,7	170,8	28,3	208,5	9,9	222,3	0,0	106,6	16,5	97,0	23,6	24,4	182,3	27,1	5,9	1373,6	471,1

Frecuencia de los riegos

La tabla 3.11 muestra el número de días con riego mensuales (promedio de las cuatro parcelas) entre los años 2009 y 2011.

Tabla 3.11 Riegos mensuales 2009 – 2011 (mm)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	total
2009	6	8	23	8	30	30	31	31	11	23	14	4	219
2010	3	5	10	11	19	24	31	24	16	15	9	11	178
2011	9	7	3	13	11	18	28	29	10	8	2	3	141

Dependiendo de las condiciones climáticas y la precipitación la frecuencia de riego durante la investigación oscila entre 1 vez cada 15 días en noviembre de 2011 hasta el riego diario (o casi diario) en el verano de todos los años.

En el año 2009 el riego fue más frecuente que en los otros años de investigación (219 eventos, 1 cada 1,7 días) por el objetivo de reposición de la evapotranspiración de referencia (ET_o). De mayo a agosto la frecuencia de riego fue diaria ya que las precipitaciones fueron escasas y el requerimiento alto. La figura 3.7 muestra el número de días con riego en todos los meses del año 2009.

El riego frecuente de 2009 no se tradujo en una calidad apropiada del césped pero sí en la mayor longitud de raíces alcanzadas en la investigación (anexo A) señal del estrés hídrico al que estuvo sometida la hierba: la variedad de césped (*Agrostis stolonifera* L93) responde al estrés hídrico mejorando sus características radicales (McCann y Huang, 2008), acción que no necesita llevar a cabo bajo condiciones adecuadas de humedad.

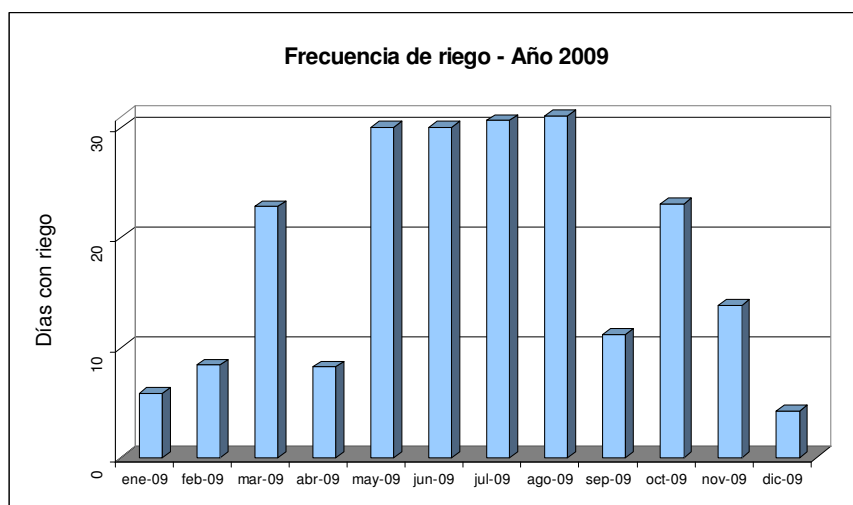


Figura 3.7 Frecuencia de riego - año 2009

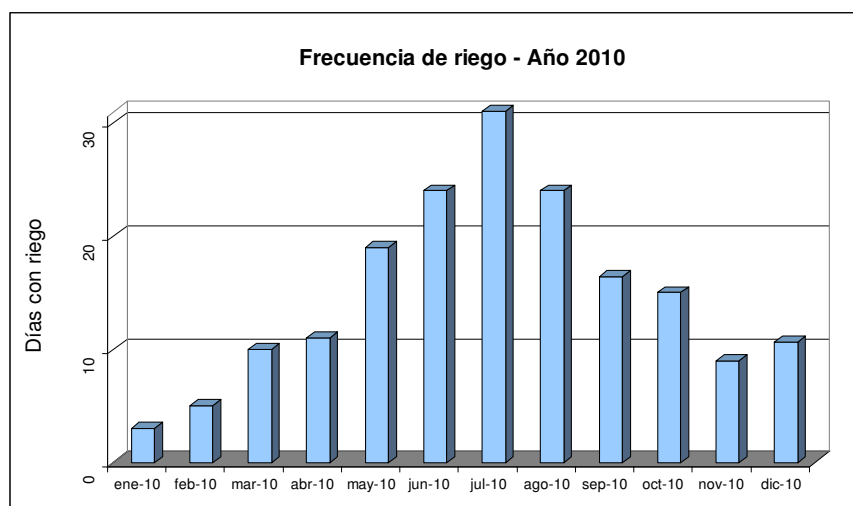


Figura 3.8 Frecuencia de riego - año 2010

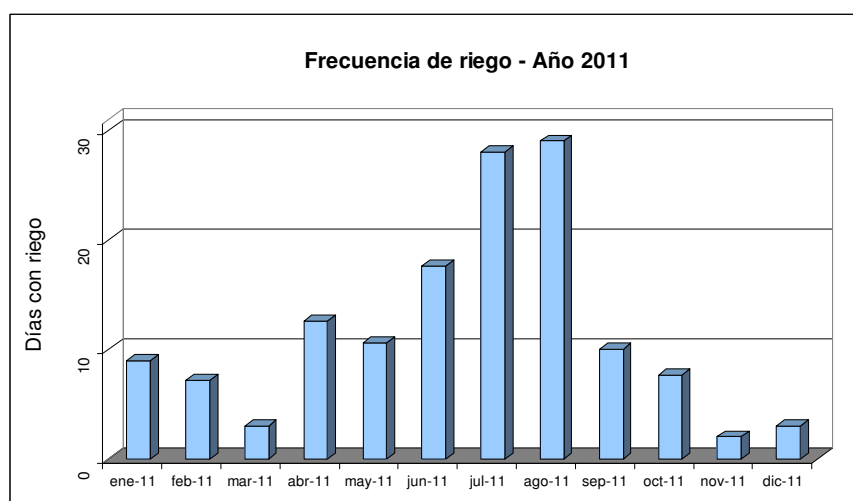


Figura 3.9 Frecuencia de riego – año 2011

Durante el año 2010 en que se combinaron los objetivos de buena calidad visual de la hierba y el mantenimiento de un nivel de humedad fijo durante el verano, se regó en promedio 1 vez cada 2,1 días. El número de riegos se incrementó paulatinamente de enero (1 vez cada 10 días) a julio (riego diario) para reducirse paulatinamente hasta noviembre (1 vez cada 3,3 días). En verano de 2010 y 2011 (julio y agosto) los riegos de un día se aplicaron en dos eventos separados unas horas que han sido considerados como un solo riego para el análisis que tiene que ver con la intensidad de la entrada. En diciembre se iniciaron las pruebas de caracterización del flujo y el número de riegos se incrementó (debió ser similar o menor a noviembre). La figura 3.8 presenta gráficamente la variación mensual de los días con riego este año.

La frecuencia promedio anual del año 2011 fue de 1 riego cada 2,6 días. Este año la realización de pruebas de enero a mayo mantuvo la frecuencia de riego alrededor de 1 cada 3 días, menos el mes de marzo en que hubo lluvias. El mantenimiento de una humedad reducida en el perfil con calidad de hierba apenas aceptable entre junio y septiembre requirió 1 riego cada 1,7 días. Los

siguientes meses los días con riego fueron disminuyendo paulatinamente debido al menor requerimiento de agua y a las lluvias. En la figura 3.9 están representados los días con riego del año 2011. El resultado de esta frecuencia de riego fue un césped de calidad aceptable de junio a diciembre y un exceso de drenaje en los primeros meses del año.

Intensidad de los riegos

Los riegos efectuados durante la investigación se han diferenciado en riegos de baja, media y alta intensidad:

- Riegos de baja intensidad: menores de 5 mm
- Riegos de media intensidad: entre 5 y 10 mm
- Riegos de alta intensidad: mayores de 10 mm

Los riegos de baja intensidad se utilizaron para reponer la evapotranspiración diaria. Fueron habituales el año 2009 en que se persiguió esta reposición. La tabla 3.12 muestra los riegos por su intensidad el año 2009; este año, el mayor número de riegos fue de baja intensidad en todas las parcelas.

Tabla 3.12 Distribución de riegos por su intensidad – año 2009

<i>Riegos</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
Nº de riegos < 5 mm	138	140	140	111
<i>Promedio(mm)</i>	3,1	3,06	3,04	3,07
Nº de riegos entre 5 y 10 mm	73	72	73	87
<i>Promedio(mm)</i>	6,52	6,49	6,23	6,54
Número de riegos > 10 mm	7	7	6	7
<i>Promedio(mm)</i>	12,84	13,22	18,87	14,51

La parcela 100% arenosa requirió riegos más intensos que las parcelas enmendadas para mantener viva la hierba los meses de mayo a julio como se puede apreciar en las figuras 3.10 y 3.11 en que se presentan los riegos mensuales y su intensidad en las parcelas con materia orgánica (2) y 100% arenosa (4). Las parcelas enmendadas con hidrogel recibieron riego similar a la parcela 2. La calidad de la hierba resultante de este riego frecuente pero poco intenso fue deficiente, como se ha mencionado.

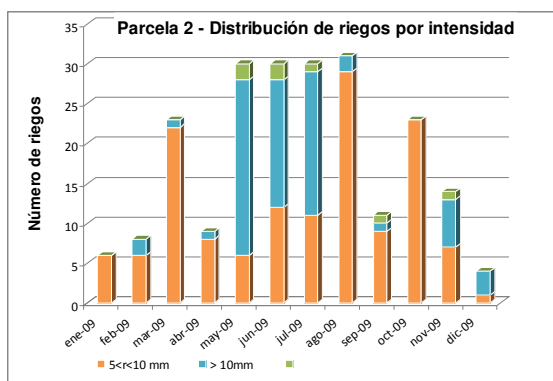


Figura 3.10 Intensidad de riegos – año 2009 - parcela 2

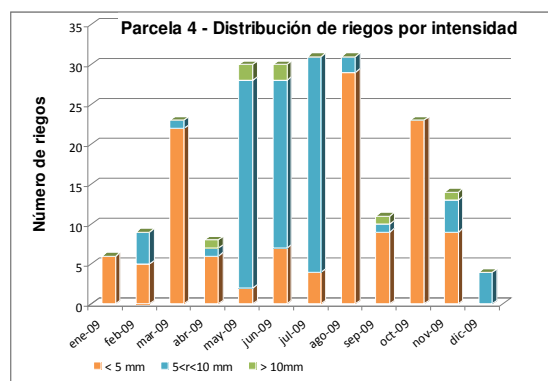


Figura 3.11 Intensidad de riegos – año 2009 – parcela 4

Los riegos de media intensidad se utilizaron para reponer la evapotranspiración de uno o varios días y fueron necesarios para el mantenimiento de la humedad a niveles fijos los años 2010 y 2011. Los riegos de alta intensidad se usaron para disolver fertilizantes aplicados y realizar algunas pruebas. La tablas 3.13 y 3.14 muestran los riegos por su intensidad los años 2010 y 2011.

Tabla 3.13 Distribución de riegos por su intensidad – año 2010

Riegos	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
N° de riegos < 5 mm	58	22	23	29
Promedio (mm)	3,99	4,04	4,26	4,22
N° de riegos entre 5 y 10 mm	104	100	91	117
Promedio (mm)	6,94	7,54	7,57	7,39
Número de riegos > 10 mm	18	52	63	34
Promedio (mm)	15,66	14,12	13,71	14,96

El año 2010, en que se combinaron los objetivos de calidad visual de la hierba y el mantenimiento de un nivel fijo de humedad en el perfil durante el verano, cada parcela requirió riegos de distinta intensidad:

- Las parcelas 1 y 4 requirieron el mayor número de riegos; sin embargo, para mantener la calidad del césped, la parcela 1 requirió riegos menos intensos que la parcela 100% arenosa.
- La parcela 3 recibió el mayor número de riegos intensos y tuvo una frecuencia intermedia
- La parcela 2 requirió el menor número de riegos, aunque debieron ser más intensos.

Las figuras 3.12 a 3.15 presentan los riegos y su intensidad en todas las parcelas durante el 2010.

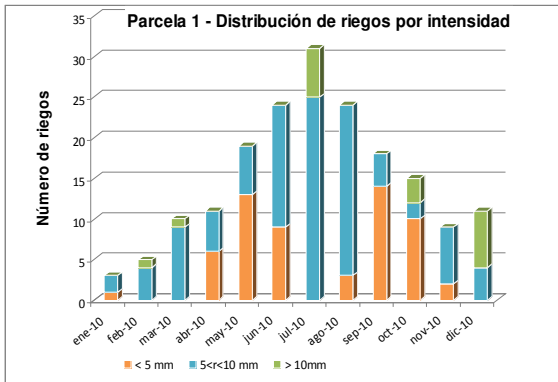


Figura 3.12 Intensidad de riegos – año 2010 – parcela 1

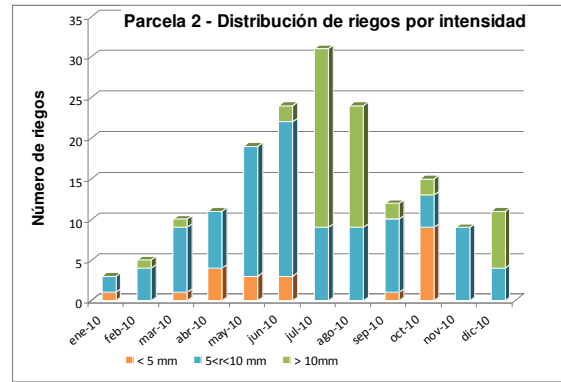


Figura 3.13 Intensidad de riegos – año 2010 – parcela 2

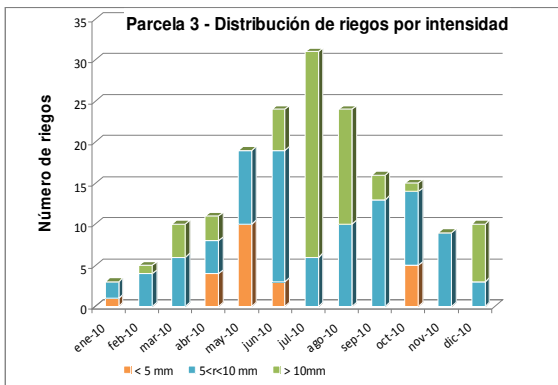


Figura 3.14 Intensidad de riegos – año 2010 – parcela 3

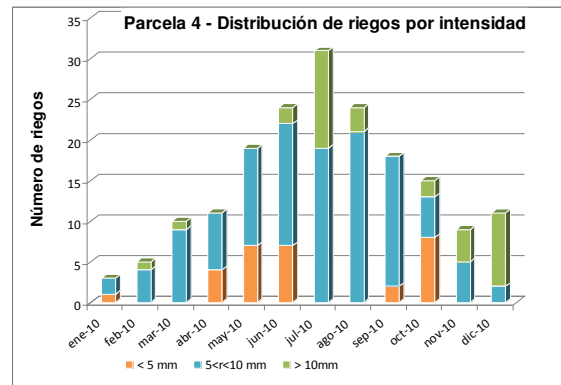


Figura 3.15 Intensidad de riegos – año 2010 – parcela 4

El año 2011 se caracterizó por riegos más intensos y, en general, menos frecuentes (tabla 3.14). Para mantener la hierba en el límite aceptable de calidad visual con un número inferior de riegos, éstos debieron ser de mayor intensidad que en los años anteriores.

- Las parcelas 3 y 4 requirieron el mayor número de riegos así como la mayor intensidad.
- Las parcela 1 y 2 requirieron menos riegos que sus homólogas sin materia orgánica; la parcela 1 requirió incluso riegos menos intensos.

Tabla 3.14 Distribución de riegos por su intensidad – año 2011

Riegos	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
N° de riegos < 5 mm	35	1	4	1
Promedio (mm)	4,74	4,42	4,69	3,87
N° de riegos entre 5 y 10 mm	85	95	86	95
Promedio (mm)	7,10	7,05	7,74	7,81
Número de riegos > 10 mm	15	39	52	47
Promedio (mm)	13,80	12,75	13,26	13,36

Las figuras 3.16 a 3.19 exponen los riegos mensuales y su intensidad en el 2011; puede apreciarse que la parcela 1, doblemente enmendada con materia orgánica e hidrogel, no sólo requiere menos riegos sino también menos intensos. La parcela 3, enmendada sólo con hidrogel no sólo necesita más riegos sino también los requiere más intensos.

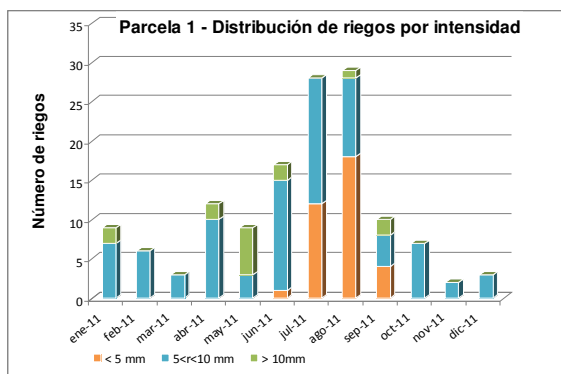


Figura 3.16 Intensidad de riegos – año 2011 – parcela 1

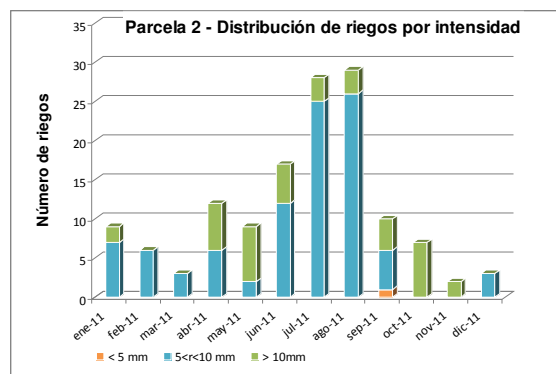


Figura 3.17 Intensidad de riegos – año 2011 – parcela 2

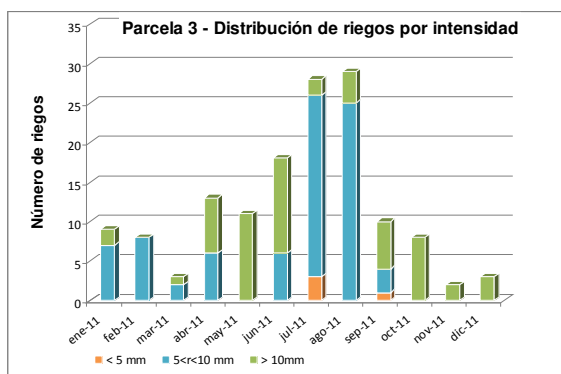


Figura 3.18 Intensidad de riegos – año 2011 – parcela 3

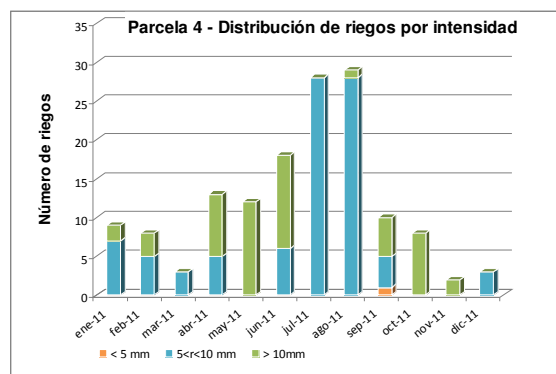


Figura 3.19 Intensidad de riegos – año 2011 – parcela 4

3.4. Salidas por drenaje (G)

La intensidad de los riegos es un tema importante ya que no sólo afecta a la humedad en el suelo sino que también genera flujo de agua hacia el drenaje y que no se aprovecha por la planta. Las salidas por drenaje corresponden al agua que abandona el sustrato y es recogida al final de las tuberías instaladas en cada parcela. El volumen de agua recogido dividido entre el área de cada parcela proporciona el dato de las salidas por drenaje expresadas en mm.

Las tablas 3.15 a 3.17 muestran las salidas totales de las parcelas los años 2009 a 2011 y qué porcentaje de las entradas significan.

Tabla 3.15 Salidas por drenaje – año 2009. (*): datos desde marzo

Parcela	Drenaje total (mm)	Porcentaje sobre las entradas
P1	374,10	24%
P2	521,40	33%
P3	386,60	24%
P4 (*)	581,10	38%

Tabla 3.16 Salidas por drenaje- año 2010

Parcela	Drenaje total (mm)	Porcentaje sobre las entradas
P1	380,20	23%
P2	795,40	40%
P3	479,10	23%
P4	634,95	33%

Tabla 3.17 Salidas por drenaje - año 2011

Parcela	Drenaje total (mm)	Porcentaje sobre las entradas
P1	281,0	19%
P2	655,1	40%
P3	532,9	29%
P4	745,5	40%

En los años de investigación la parcela 1 drenó en promedio el 22% de las entradas mientras que en las parcelas 2, 3 y 4 el drenaje representó el 38, 25 y 37% respectivamente. Young et al. (1996) encontraron que, en suelos arenosos, el porcentaje de agua que percola más allá de la zona radicular varía entre el 10,1 y el 48,3% dependiendo de la fase en que se encuentre el césped, lo que concuerda con los valores encontrados en este trabajo. Es notorio que las parcelas con hidrogel (parcelas 1 y 3) pierden menos agua por el drenaje que las parcelas que no lo contienen (2 y 4). Comparando parcelas cuya composición difiere en el hidrogel, la parcela 1 presenta un 42 % menos de salidas por drenaje que la parcela 2; por su parte la parcela 3 drena 32% menos agua que la parcela 4.

También se resalta que la parcela 2 pierda similar porcentaje de agua por drenaje que la parcela 4 cuando los estudios hechos sobre la composición (Zhang y Baker, 1999; Bigelow et al., 2000,

2004; Waltz et al., 2003; McCoy et al., 2007) establecen que la enmienda con turba incrementa la capacidad de retención de agua de las arenas. Se ha encontrado, sin embargo, que la manera de drenar del agua es distinta en la parcela enmendada. Más adelante se verá que la misma cantidad de agua se distribuye de distinta manera en el interior de los sustratos con y sin enmienda, repercutiendo en la calidad de la hierba.

3.4.1. Entradas y drenaje

La intensidad de las entradas tiene influencia sobre las salidas por drenaje. En el caso de los riegos, cuantificar el volumen drenado según su intensidad es posible ya que son controlados en su inicio y duración. Las lluvias, variables en su distribución temporal e intensidad, no son comparables entre ellas y no pudieron ser promediadas. Hacia el final del epígrafe, el drenaje de los riegos se compara con el que ocasiona una lluvia similar.

Las tablas 3.18 a 3.20 muestran el porcentaje promedio de agua drenada según la intensidad del riego los años 2009 a 2011.

La tabla 3.21 resume las salidas por drenaje (% sobre los riegos) durante el periodo de investigación.

Tabla 3.18 Salidas por drenaje según la intensidad del riego –Año 2009

<i>Riegos 2009</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
Nº de riegos < 5 mm	138	140	140	111
Intensidad promedio	3,1	3,06	3,04	3,07
% drenado	7	18	4	18
Nº de riegos entre 5 y 10 mm	73	72	73	87
Intensidad promedio	6,52	6,49	6,23	6,54
% drenado	13	21	15	28
Nº de riegos > 10 mm	7	7	6	7
Intensidad promedio	12,84	13,22	18,87	14,51
% drenado	13	24	20	29

Tabla 3.19 Salidas por drenaje según la intensidad del riego –Año 2010

<i>Riegos 2010</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
Nº de riegos < 5 mm	58	22	23	29
Intensidad promedio	3,99	4,04	4,26	4,22
% drenado	5	25	7	24
Nº de riegos entre 5 y 10 mm	104	100	91	117
Intensidad promedio	6,94	7,54	7,57	7,39
% drenado	10	33	22	32
Nº de riegos > 10 mm	18	52	63	34
Intensidad promedio	15,66	14,12	13,71	14,96
% drenado	24	41	21	31

Tabla 3.20 Salidas por drenaje según la intensidad del riego –Año 2011

<i>Riegos 2011</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
Nº de riegos < 5 mm	35	1	4	1
Intensidad promedio	4,74	4,42	4,69	3,87
% drenado	3	SD	10	SD
Nº de riegos entre 5 y 10 mm	85	95	86	95
Intensidad promedio	7,10	7,05	7,74	7,81
% drenado	6	33	24	39
Nº de riegos > 10 mm	15	39	52	47
Intensidad promedio	13,80	12,75	13,26	13,36
% drenado	11	33	22	34

Tabla 3.21 Salidas por drenaje durante la investigación (%)

<i>Salidas por drenaje (% sobre los riegos)</i>				
<i>Riegos (Intensidad promedio)</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
< 5 mm (3,88 ± 0,65)	6	19	5	19
5≤r<10 mm (7,08 ± 0,54)	10	30	21	36
≥ 10 mm (14,26 ± 1,69)	16	35	21	35

Aunque el drenaje depende de más factores como la evapotranspiración y la humedad inicial en el suelo, en general puede apreciarse que en las parcelas con materia orgánica (parcelas 1 y 2) el drenaje (%) aumenta a medida que aumenta la intensidad del riego, mientras que en las parcelas arenosas (parcelas 3 y 4) el porcentaje drenado es el mismo para riegos de media y alta intensidad.

La materia orgánica presente en la parcela 2 mejoró la retención de agua en comparación a la parcela 100% arenosa (parcela 4) cuando las entradas fueron de intensidad media, en las que pierde un 17% menos de agua por drenaje. Este efecto, sin embargo no es comparable a la gran retención que muestra el hidrogel y que se hace notoria en todas las intensidades de riego.

En las parcelas con hidrogel las pérdidas por drenaje resultan como mínimo un 40% menores que en las parcelas que no lo contienen: la parcela 1, enmendada con materia orgánica e hidrogel, presenta (en promedio) la mayor reducción en el drenaje (la mayor retención de agua) probablemente debido a que la interacción de las dos enmiendas tiene un efecto sinérgico en la retención de agua mientras que la parcela 3 (sólo hidrogel) muestra un efecto menor, pero sin duda superior a la materia orgánica.

La eficiencia de riego comprende distintos aspectos: la conducción, la aplicación, el consumo, el almacenamiento y la distribución del agua (García, 2011; Antúnez et al., 2010; Knox y Rodríguez-Díaz, 2005). La eficiencia en la aplicación corresponde a la relación entre el volumen de agua que queda almacenado en la zona radicular y el volumen de agua aplicada en cada riego. Si se considera que todo el perfil de 30 cm corresponde a la zona radicular y que la escorrentía es mínima por la elevada tasa de infiltración y mínima inclinación de la parcela, la eficiencia corresponde a la diferencia entre el volumen aplicado y el drenaje. La tabla 3.22 expone los datos de la eficiencia de los riegos según su intensidad a partir de los datos de la tabla 3.21.

Tabla 3.22 Eficiencia de aplicación según la intensidad del riego (%)

<i>Eficiencia de aplicación (%)</i>				
<i>Riegos (Intensidad promedio)</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
Baja: $< 5 \text{ mm}$ ($3,88 \pm 0,65$)	94	81	95	81
Media: $5 \leq r < 10 \text{ mm}$ ($7,08 \pm 0,54$)	90	70	79	64
Alta: $\geq 10 \text{ mm}$ ($14,26 \pm 1,69$)	86	65	79	65

Los datos se encuentran dentro del rango de eficiencia de aplicación del riego por aspersión cifrado entre 60 y 80% por García (2011) y alrededor del 75% por Antúnez et al. (2010); sin embargo, es evidente que la enmienda con hidrogel (parcelas 1 y 3) mejora mucho la eficiencia de todas las intensidades de riego el sustrato, no así la materia orgánica (parcela 2).

Los riegos de baja intensidad presentan la mejor eficiencia de aplicación; sin embargo, no han proporcionado una buena calidad de césped una buena parte del año (como sucedió en el 2009), poniendo de manifiesto que la eficiencia del riego no puede ser resumida a la minimización del drenaje sino que comprende más aspectos que, en el caso del golf, están orientados a la calidad de la superficie de juego y sobretodo de los greens.

Lluvias de intensidades similares a los riegos promedio de la tabla 3.21 ocasionaron el drenaje que se presenta en la tabla 3.23. El drenaje producido por las precipitaciones es igual o mayor en casi todos los casos. La lluvia puede suceder bajo condiciones meteorológicas especiales (bajada de temperatura, menor evapotranspiración, mayor humedad y menor presión atmosférica) marcando la diferencia en la respuesta de los sustratos.

Tabla 3.23 Salida por drenaje de tres eventos de lluvia

<i>Drenaje (% de las entradas)</i>				
<i>Intensidad de la lluvia (mm)</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
3,81	6	42	5	58
7,36	20	10	25	19
15,5	28	38	41	38

Eventos de mayor precipitación, no comparables a riegos, como la precipitación del 14/09/2009 de 29,22 mm produjo drenajes mayores al 50% en todas las parcelas (tabla 3.24), lo que indica que una vez alcanzado un límite de retención todos los sustratos dejan ir el agua excedente produciéndose un efecto similar a un régimen estacionario. En estas circunstancias se observa que las parcelas con materia orgánica tienen un drenaje menor o igual que las parcelas arenosas y el efecto del hidrogel apenas se nota, posiblemente por haber alcanzado su capacidad de retención de agua.

Tabla 3.24 Salidas por drenaje ante una lluvia de 29,22 mm

<i>Drenaje (% de las entradas)</i>				
<i>Intensidad de la lluvia (mm)</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
29,22	52	55	60	62

Las tablas 3.25 a 3.27 presentan el drenaje mensual de 2009 a 2011.

Tabla 3.25 Salidas por drenaje en el año 2009(*) Volumen del 27 y 28 de septiembre es estimado

Salidas por drenaje 2009 (mm)													
<i>P</i>	<i>ene</i>	<i>feb</i>	<i>mar</i>	<i>abr</i>	<i>may</i>	<i>jun</i>	<i>jul</i>	<i>ago</i>	<i>sep*</i>	<i>oct</i>	<i>nov</i>	<i>dic</i>	<i>total</i>
1	7,5	0,0	21,6	18,3	17,0	33,2	23,5	3,0	192,8	11,0	16,9	29,3	374,1
2	16,0	2,5	34,5	23,1	27,0	53,3	34,6	7,1	220,5	21,7	39,9	41,2	521,4
3	7,0	0,0	12,5	16,9	22,6	20,7	6,4	4,4	207,6	18,6	30,7	39,2	386,6
4	-	-	24,4	19,7	77,7	76,4	68,7	21,0	189,1	22,0	40,4	41,7	581,1

Tabla 3.26 Salidas por drenaje en el año 2010

Salidas por drenaje 2010 (mm)													
<i>P</i>	<i>ene</i>	<i>feb</i>	<i>mar</i>	<i>abr</i>	<i>may</i>	<i>jun</i>	<i>jul</i>	<i>ago</i>	<i>sep</i>	<i>oct</i>	<i>nov</i>	<i>dic*</i>	<i>total</i>
1	33,7	8,0	26,1	16,5	17	15,1	42,8	33,9	15,3	45,3	7,1	119,4	380,2
2	46,5	25,1	49,3	27,9	33	76,3	151,9	122,4	51,4	75	29,4	107,2	795,4
3	32,4	18,1	37,3	18,2	18,6	44	68,8	71,3	54,7	49,9	17,3	48,5	479,1
4	32,2	24,4	47,1	26,6	30,2	52	100,5	78,8	60,6	75,7	34,2	72,6	634,9

Tabla 3.27 Salidas por drenaje en el año 2011

Salidas por drenaje 2011 (mm)													
<i>P</i>	<i>ene</i>	<i>feb</i>	<i>mar</i>	<i>abr</i>	<i>may</i>	<i>jun</i>	<i>jul</i>	<i>ago</i>	<i>sept</i>	<i>oct</i>	<i>nov</i>	<i>dic*</i>	<i>total</i>
1	30,8	7,0	37,1	29,4	3,7	6,9	11,2	7,0	3,6	20,0	123,7	0,6	281,0
2	58,2	32,3	56,2	65,6	26,4	43,0	66,9	68,7	27,3	46,8	159,6	4,1	655,1
3	30,7	27,4	31,0	40,2	25,1	35,1	51,4	68,0	33,6	47,8	140,2	2,4	532,9
4	45,0	41,7	52,1	55,5	50,7	55,8	90,9	94,8	39,1	54,3	156,6	9,0	745,5

3.5. Humedad y almacenamiento (V)

Como consecuencia de las entradas, las salidas, las condiciones climáticas y los requerimientos del césped, la humedad en los sustratos varía. La instalación de sensores en las parcelas el año 2010 permitió medir la humedad a 12, 24 y/o 18 cm de profundidad y así cuantificar el agua almacenada y seguir su variación temporal.

Estudios como los realizados por Devitt et al. (1992), Fares y Alva (1999), Bastug y Buyuktas (2003), Sass y Horgan (2006), McCoy y McCoy (2009) y Himmelbauer et al. (2011) utilizaron sensores de humedad TDR, sensores de neutrones y/o capacitivos para determinar la humedad, el almacenamiento y la distribución del agua en el suelo; otros investigadores controlaron el almacenamiento mediante lisímetros de pesada (Feldhake et al., 1983; Aronson et al., 1987a,b; Lodge, 1994; Qian et al., 1996; Young et al., 1996; Fu et al., 2004; DaCosta y Huang, 2005, 2006; Marek et al., 2006) encontrando correspondencia entre los valores aportados por los sensores y la variación del peso en los lisímetros (Young et al., 1996).

El desarrollo de la tecnología de los sensores ha hecho posible el seguimiento de la humedad en tiempo real aunque aún hace falta una robustez que permita su buen funcionamiento durante un tiempo prolongado. Este epígrafe está orientado a determinar el rango de humedad en que se mantuvieron los sustratos del green experimental entre los años 2010 y 2011, a determinar la capacidad de campo de los sustratos bajo las condiciones de campo y a calcular el almacenamiento en los sustratos.

Los datos obtenidos en la presente investigación han estado sujetos al buen funcionamiento de los sensores, afectados en ocasiones por fallos de funcionamiento en la alimentación eléctrica y/o en las comunicaciones, originando intervalos sin datos; sin embargo, han proporcionado buena información sobre el comportamiento hidráulico de los sustratos del green experimental, tema en el que profundiza el siguiente capítulo.

3.5.1. Determinación de los rangos de humedad

Las figuras 3.20 a 3.23 muestran la variación de la humedad a tres profundidades, 12, 24 y/o 18 cm de profundidad, entre marzo y diciembre de 2010 y de enero a diciembre de 2011. La línea azul corresponde a la humedad a 12 cm, la celeste a la humedad a 18 cm y la fucsia a la humedad a 24 cm

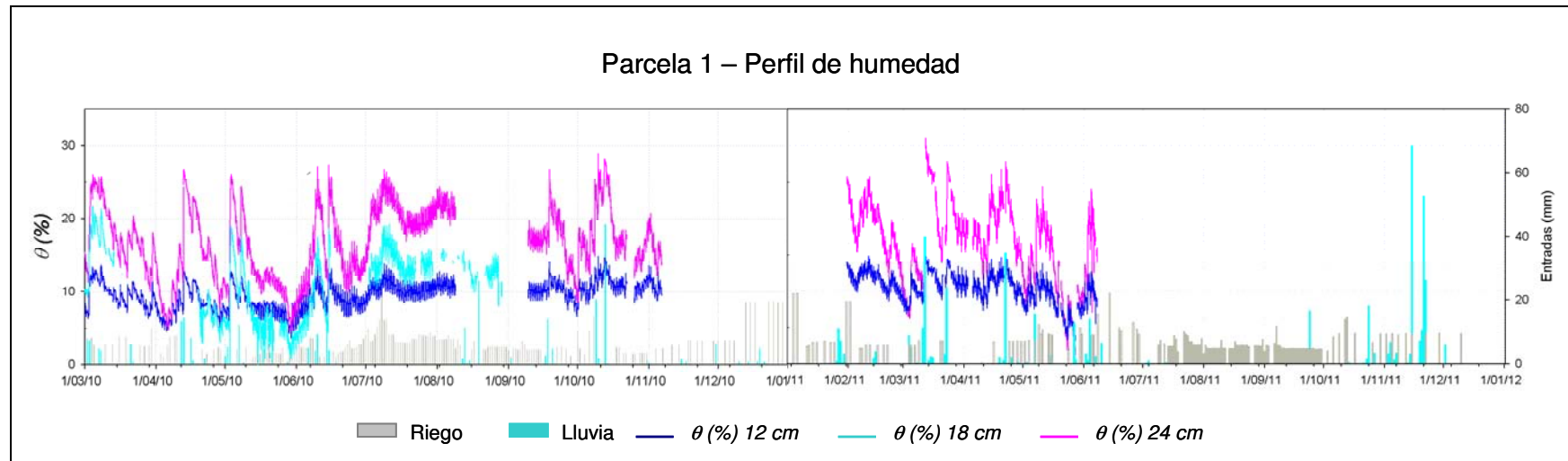


Figura 3.20 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en los años 2010 y 2011 – parcela 1

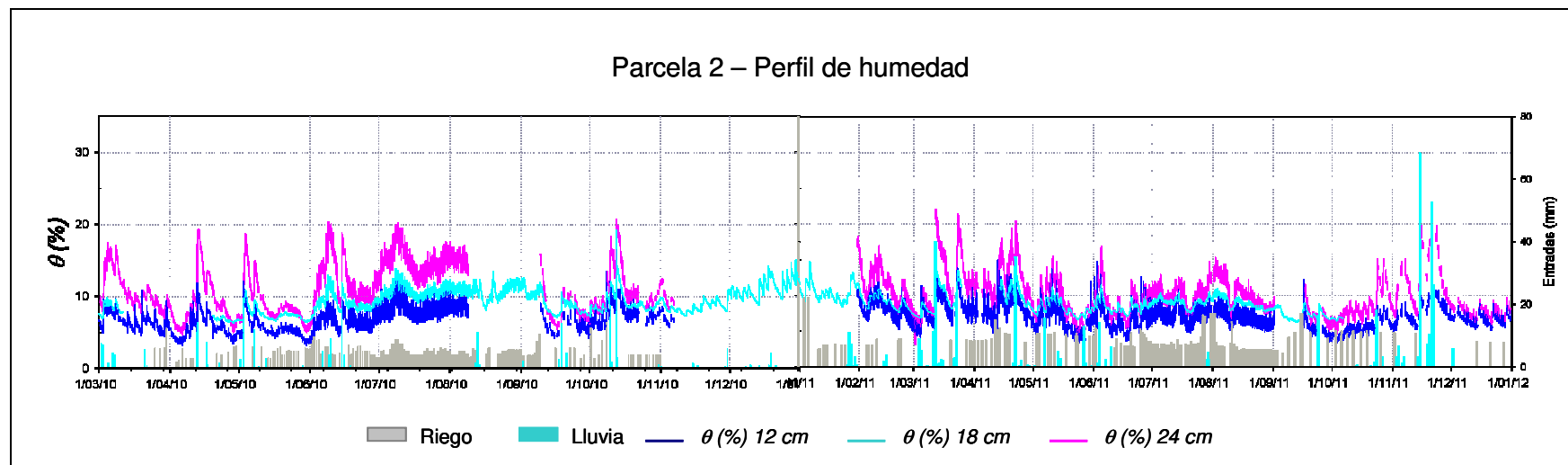


Figura 3.21 Variación de la humedad a 12, 18 y 24 cm en los años 2010 y 2011 – parcela 2

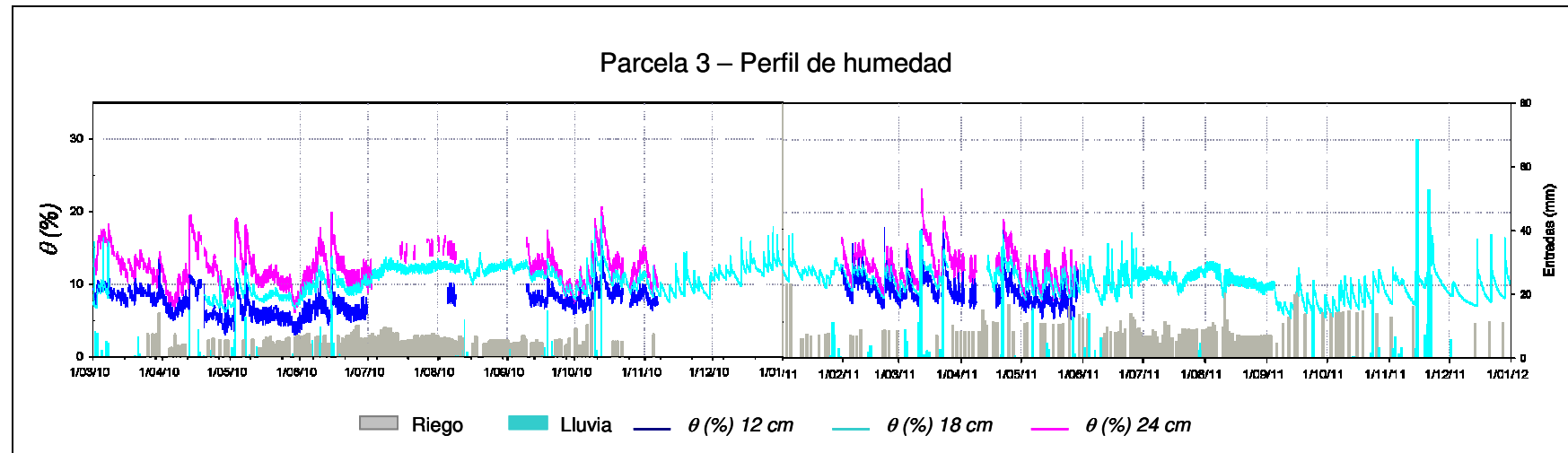


Figura 3.22 Variación de la humedad a 12, 18 y 24 cm en los años 2010 y 2011 – parcela 3

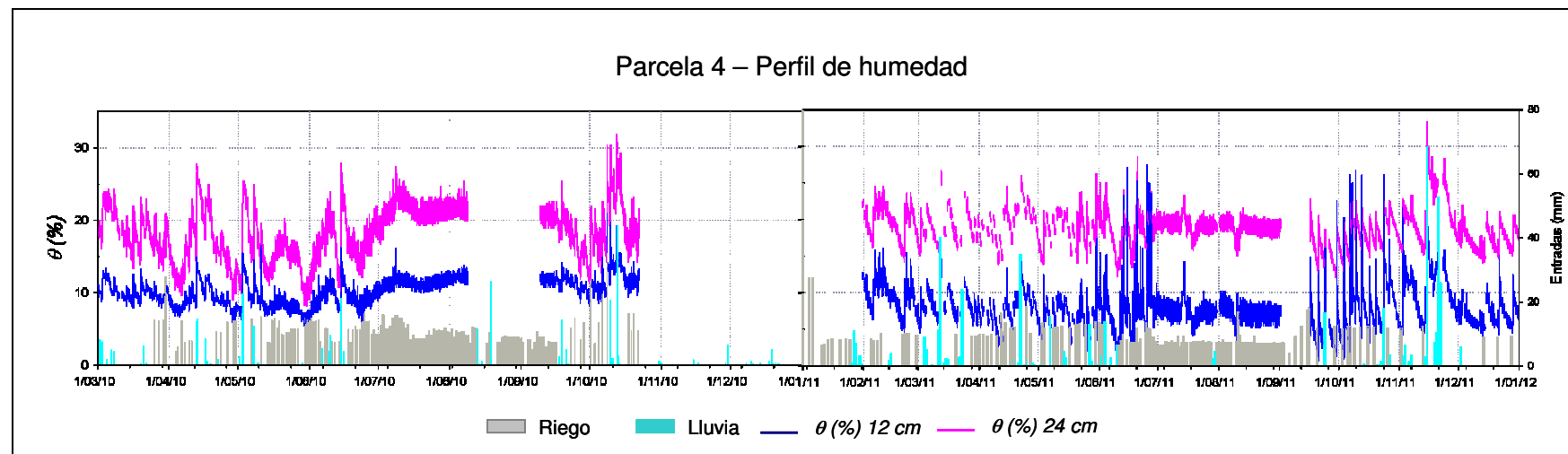


Figura 3.23 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en los años 2010 y 2011 – parcela 4

En todas las parcelas se observa que el agua se distribuye generando una zona superior con un nivel de humedad más bajo que el de la zona profunda del perfil, lo que concuerda con la bibliografía (Taylor et al., 1994; McCoy y McCoy, 2009; Waltz et al., 2003; Bigelow et al., 2001). La distinta composición de las parcelas genera distintos niveles de humedad según el sustrato. Como muestra, las figuras 3.24 a 3.26 presentan el rango de humedad en que se encontraron las zonas de la parcela 2 durante el año 2010. La tabla 3.28 indica el rango de humedad de los sustratos a las distintas profundidades durante la investigación.

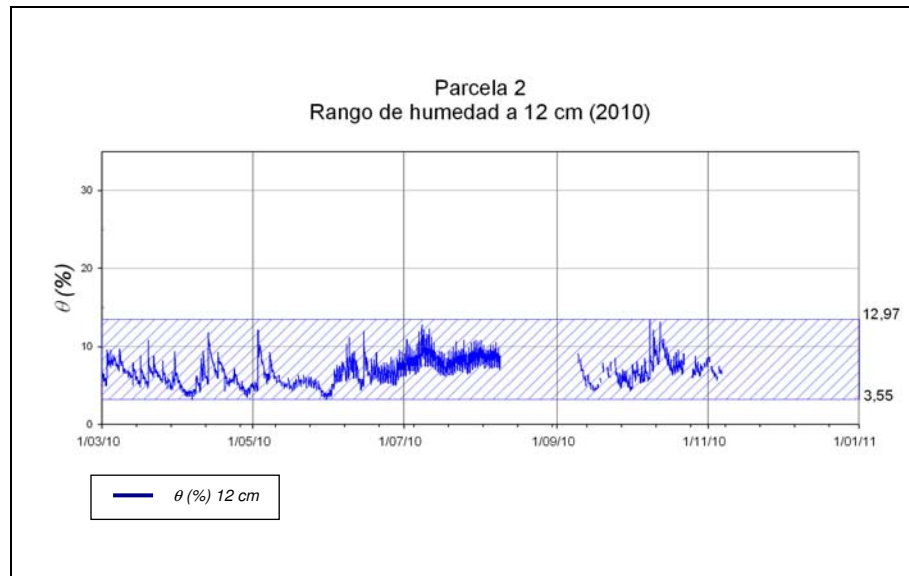


Figura 3.24 Variación de la humedad a 12 cm en el año 2010 – parcela 2

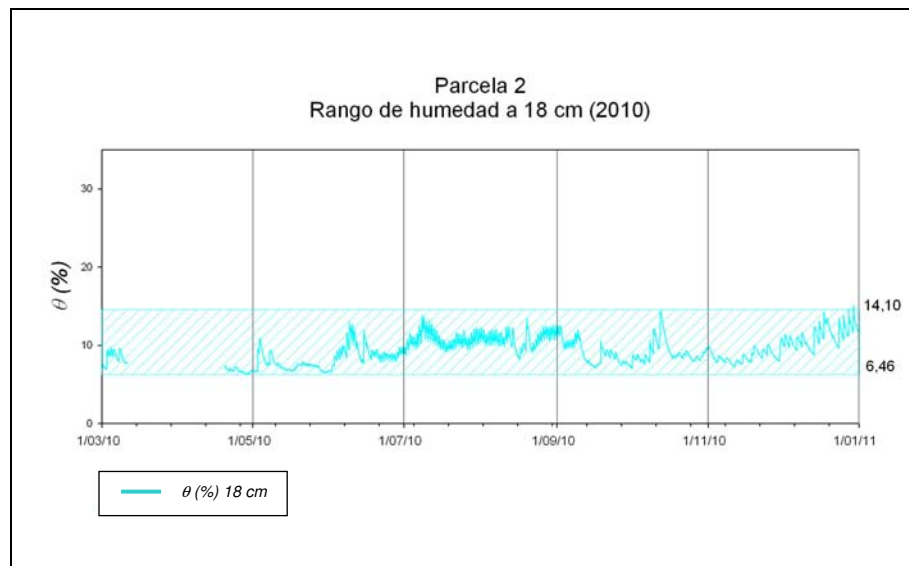


Figura 3.25 Variación de la humedad a 18 cm en el año 2010 – parcela 2

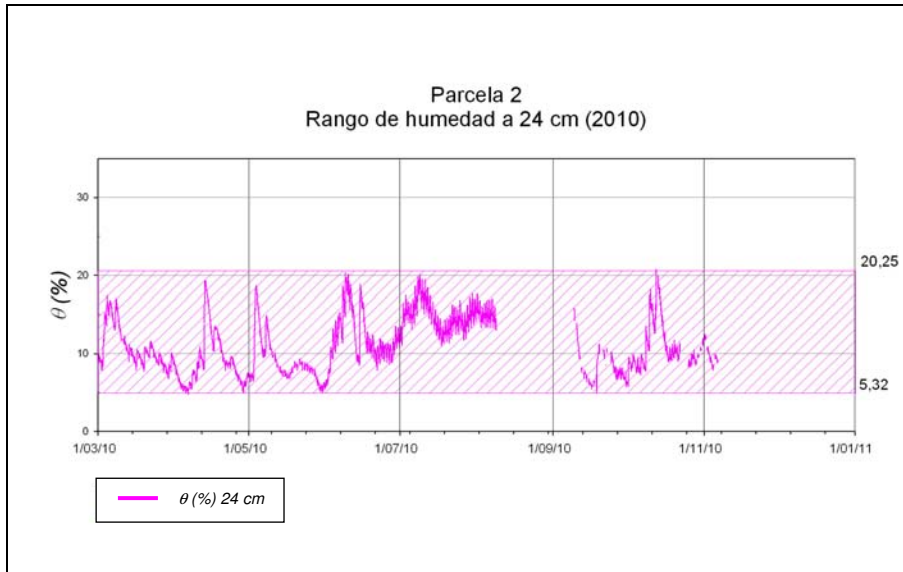


Figura 3.26 Variación de la humedad a 24 cm en el año 2010 – parcela 2

Tabla 3.28 Rango de humedad a las distintas profundidades durante 2010 y 2011

Rango de humedad durante la investigación (%)				
Profundidad	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
12 cm	3,77 – 15,25	3,55 – 12,97	3,27 – 15,90	6,10 – 18,58
18 cm	-	6,46 – 14,10	6,73 – 16,73	-
24 cm	4,50 – 30,66	5,32 – 20,25	6,15 – 20,91	8,79 – 31,09

En su trabajo, realizado entre junio y septiembre de los años 2000 y 2001, McCoy y McCoy (2009) estudian la variación de humedad en uno de los sustratos USGA investigados. Este sustrato, con arena de granulometría más fina que la arena de la presente investigación, se mantuvo entre el 12 y el 25% de humedad a 15,2 cm de profundidad y entre el 14 y el 31% a 22,9 cm. La humedad de la parcela análoga en la presente investigación (parcela 2) se encuentra en un rango más bajo posiblemente debido a la distinta granulometría de la arena y a la distinta distribución de la materia orgánica. Como el artículo no proporciona mayor información sobre el régimen de riego, no se cuenta con otra referencia para explicar esta diferencia. Por otro lado, el estudio de distintos regímenes de riego de Fu y Dernoeden (2009) en sustratos USGA mantuvo la humedad a 10 y 15 cm entre 7,4 y 10,8 %, que se encuentra dentro del rango de trabajo determinado en este estudio.

Los niveles más altos de humedad se alcanzaron durante lluvias intensas de cerca de 40 mm, aunque, dependiendo de la humedad inicial del sustrato, algunas lluvias menores, incluso riegos, llevaron la humedad a niveles cercanos. En ningún momento, sin embargo, el perfil entero

alcanzó la misma humedad máxima, es decir, no se saturó; sólo la zona profunda (24 cm) se encontró cerca de la saturación de acuerdo a los datos obtenidos en el laboratorio (tabla 2.16, capítulo 2). La tabla 3.29 indica la humedad máxima alcanzada a todas las profundidades

La humedad mínima alcanzada durante la investigación correspondió a la humedad bajo la cual la hierba mostró los primeros síntomas de marchitamiento. Debido a la exigencia en la calidad del green este punto se alcanzó en contadas ocasiones y el punto de marchitamiento permanente no se alcanzó. La tabla 3.30 exhibe la humedad mínima alcanzada en todos los sustratos y a todas las profundidades.

Tabla 3.29 Humedad máxima alcanzada durante los años 2010 y 2011

Humedad máxima alcanzada (%)				
Profundidad	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
12 cm	15,25	12,97	15,90	18,58
18 cm	-	14,10	16,73	-
24 cm	30,66	20,25	20,91	31,09

Tabla 3.30 Humedad mínima alcanzada durante los años 2010 y 2011

Humedad mínima alcanzada (%)				
Profundidad	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
12 cm	3,77	3,55	3,27	6,10
18 cm	1,54	6,46	6,73	-
24 cm	4,50	5,32	6,15	8,79

Es notorio que la parcela 4 (100% arenosa) haya alcanzado los mayores valores de humedad máxima. Esto podría indicar que las enmiendas redujeron el agua que llegó a los sensores, por haberla retenido en la zona en que fueron aplicadas. A humedades mínimas, la parcela 4 requirió mayor humedad en el perfil para mantener la hierba mientras que las demás parcelas alcanzaron valores inferiores, posible indicio de que en una zona más superficial las raíces encontraban suficiente humedad para mantener la hierba. Un sensor colocado a 5 ó 7 cm de profundidad podría haber aportado mayor información, sin embargo, la velocidad del frente de agua (capítulo 4) aporta al esclarecimiento de lo que sucede en la zona más superficial de los sustratos.

La capacidad de campo, originalmente definida por Veihmeyer y Hendrickson (1931), corresponde a la humedad que se retiene en el suelo después de haber sido saturado o haber alcanzado su humedad máxima. Corresponde al momento en que el drenaje rápido cesa o se vuelve lento manteniendo la humedad relativamente constante (figura 3.27).

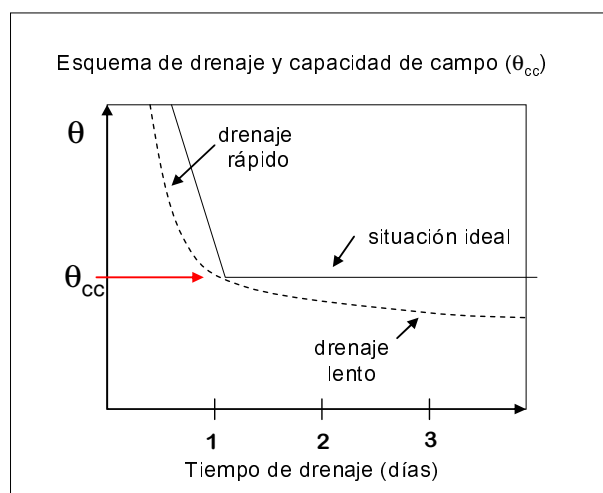


Figura 3.27 Esquema del proceso de drenaje (Fuente: Porta et al., 1999)

En esta condición, los macroporos del suelo (que se llenaron de agua al saturarse el suelo) se han vaciado originando un rápido descenso en la humedad (el agua gravífica abandona el perfil) y el agua que queda retenida mantiene temporalmente la humedad constante, pudiendo ser aprovechada por la planta. Este momento es difícil de determinar en la práctica por lo que se utilizan definiciones que establecen arbitrariamente un tiempo de drenaje o un valor fijo de la tensión en el suelo para alcanzar la capacidad de campo: 24 a 72 horas después de alcanzado el máximo de humedad (Vasanth, 2008; Decagon, 2012) ó entre -0,05 y -33KPa de tensión (Porta et al., 1999; Cisneros, 2003; Cavazza et al., 2007; Fazackerley y Lawrence, 2011). Esta variedad en los tiempos de drenaje y en el valor de la tensión reflejan las diferencias en las propiedades hidráulicas de los suelos.

Pese a ser una propiedad intrínseca, la capacidad de campo está fuertemente influenciada por las condiciones reales en las que se encuentra el suelo (Meyer y Gee, 1999; Fazackerley y Lawrence, 2011). Los sensores de humedad han aportado luz en la determinación de la capacidad de campo *in situ*, ya que una vez instalados pueden medir la variación de humedad y determinar la capacidad de campo cuando el suelo funciona a condiciones reales.

En la presente investigación, al contar con sensores que midieron la humedad cada 2 minutos, se pudo determinar el momento en que la humedad deja de descender rápidamente para estabilizarse o descender lentamente por 12 a 24 horas, después de haber alcanzado su nivel máximo de humedad. La humedad en este momento se ha considerado la capacidad de campo de los sustratos. La figura 3.28 indica el momento en que se alcanza la capacidad de campo a 18 cm en la parcela 3 después de una lluvia de 43,86 mm; el último máximo de humedad se alcanzó el día 12/10/10 a las 23:00h.

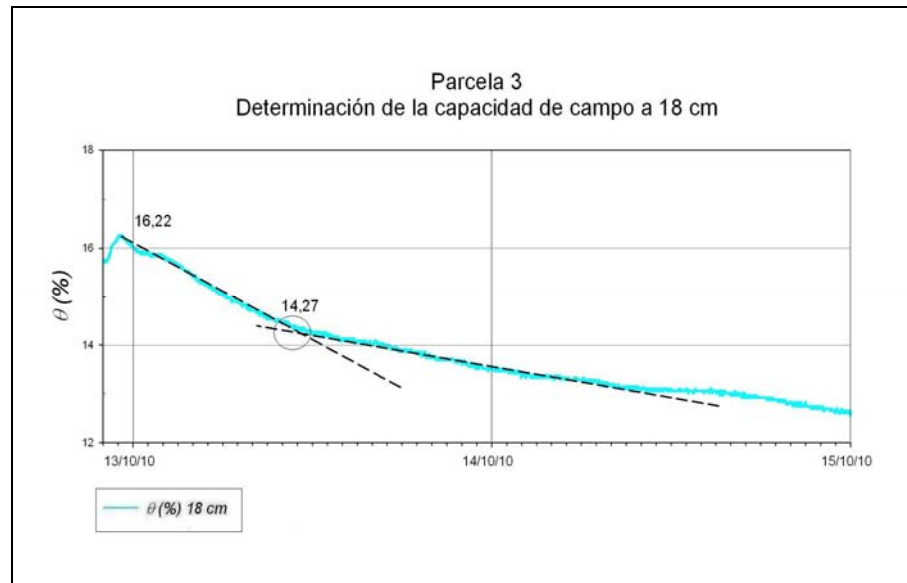


Figura 3.28 Determinación de la capacidad de campo a 18 cm de profundidad – parcela 3

La tabla 3.31 presenta la capacidad de campo determinada a 18 cm de profundidad en todos los sustratos. Este valor se toma como referencia por considerarlo menos afectado por la evapotranspiración como ocurre con el sensor a 12 cm y de las condiciones de límite como sucede con el sensor a 24 cm. Figura también en la tabla la correspondiente humedad a 12 y 24 cm en el momento de alcanzar la capacidad de campo, el tiempo de drenaje y el porcentaje promedio de agua retenida con relación al máximo inicial. Debido a la dependencia del buen funcionamiento de los sensores, no todas las medidas corresponden al mismo evento de lluvia pero sí a un momento en que se alcanzó el máximo inicial de humedad por entradas intensas. En el caso de la parcela 4 que no contó con sensor a 18 cm, se tomó como referencia el sensor a 12 cm para determinar la capacidad de campo.

Tabla 3.31 Humedad a capacidad de campo – parcelas 1 - 4

Humedad a capacidad de campo (%)				
Profundidad	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
12 cm	12,35	8,49	11,62	14,45
18 cm	17,79	10,07	14,27	-
24 cm	25,03	13,18	18,28	26,02
Promedio de agua retenida (%)	93	67	84	83
Horas después de alcanzado el máximo	10	60	15	17

La tabla 3.32 presenta valores de capacidad de campo para la arena encontrados en la bibliografía

Tabla 3.32 Capacidad de campo para las arenas referida en la bibliografía

<i>Sustrato</i>	<i>Humedad a capacidad de campo (%)</i>	<i>Referencia</i>
Arena fina	8,5	Cisneros, 2003
Arena media	6,8	Cisneros, 2003
Arena	10	Decagon, 2012
Arena	10,25	Zotarelli et al., 2010

La determinación de la capacidad de campo por Zotarelli et al. (2010) se realizó en condiciones de campo utilizando sensores de humedad Decagon que midieron la humedad entre 0 y 15 cm de profundidad. En circunstancias similares, los valores encontrados en la presente investigación son mayores o iguales, probablemente debido al efecto de las enmiendas y del sistema radicular del césped, aunque a falta de mayor información sobre las condiciones del trabajo de Zotarelli et al. (2010) no se pueden realizar más comparaciones.

La parcela 4 (100% arenosa) alcanzó el mayor valor de capacidad de campo aunque en relación al máximo de humedad, no retuvo el mayor porcentaje de agua. Son las parcelas con hidrogel (parcelas 1 y 3) las que presentan mayor retención de agua: la parcela 3 logró una retención de agua ligeramente mayor 2 horas antes que la parcela no enmendada (parcela 4) y la parcela 1 no sólo lo hizo 7 horas antes sino que retuvo el 93% del agua.

Llama la atención que la parcela 2 (enmendada con materia orgánica) presentara la menor capacidad de campo y el menor porcentaje de retención pese a la demostrada capacidad de retención de agua de la materia orgánica (Zhang y Baker, 1999; Bigelow et al., 2000, 2004; Waltz et al., 2003; McCoy et al., 2007). Esta anomalía puede deberse a distintos factores como la falta de saturación inicial del sustrato, la retención de agua en la zona superficial no detectada por el sensor de referencia o a que la parcela 100% arenosa genera una cantidad de materia orgánica en el perfil y un sistema radicular que permite retener el agua. La existencia de un sensor más superficial que indicase la humedad en la zona más rica en materia orgánica pudo haber disipado esta duda.

El agua disponible para las plantas (*plant available water*, *PAW*, en inglés) es el rango de humedad comprendido entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento (Zotarelli et al., 2010); representa el rango de humedad en el que las plantas aprovechan el agua. La capacidad de retención de agua disponible (*CRAD*) corresponde al volumen de agua aprovechable en la zona radicular donde ocurre esta extracción. Se obtiene multiplicando el agua disponible (*PAW*) por el volumen de la zona radicular (Porta et al., 1999; Zotarelli et al., 2010). Al no alcanzarse el punto de marchitamiento permanente durante la investigación, se ha tomado como límite inferior la

humedad mínima alcanzada en que la hierba empezó a dar signos de marchitamiento. La tabla 3.34 presenta el rango de humedad en que las plantas aprovechan el agua (Humedad mínima – Capacidad de campo) en todas las parcelas (datos de 2010 y 2011) y las figuras 3.29 a 3.32 comparan gráficamente la disponibilidad del agua en los sustratos entre los 12 y 24 cm de profundidad, entre los que se instalaron los sensores. La falta de sensores más superficiales no permite determinar el agua disponible en la superficie que es donde más se nota la influencia de las enmiendas, por lo que no han sido representadas en las figuras.

Tabla 3.33 Agua disponible para las plantas (2010 y 2011)

Agua disponible para las plantas (2010 y 2011)				
Profundidad	Parcela 1 $\theta_{min} - C\ campo$	Parcela 2 $\theta_{min} - C\ campo$	Parcela 3 $\theta_{min} - C\ campo$	Parcela 4 $\theta_{min} - C\ campo$
12 cm	3,77 – 12,35	3,55 – 8,49	3,27 – 11,62	6,10 – 14,45
18 cm	1,57 – 17,79	6,46 – 10,07	6,73 – 14,27	-
24 cm	4,50 – 25,03	5,32 – 13,18	6,15 – 18,28	8,79 – 26,02

La adición de materia orgánica como enmienda parece haber ampliado el agua disponible cuando la humedad en el sustrato es baja (figura 3.29); sin embargo, disminuye el agua disponible cuando la humedad es alta, posible efecto de la retención en la zona superficial. En zonas donde el agua es escasa y/o se busca el ahorro de agua, la enmienda con materia orgánica permite mantener la hierba a niveles más bajos de humedad en el suelo.

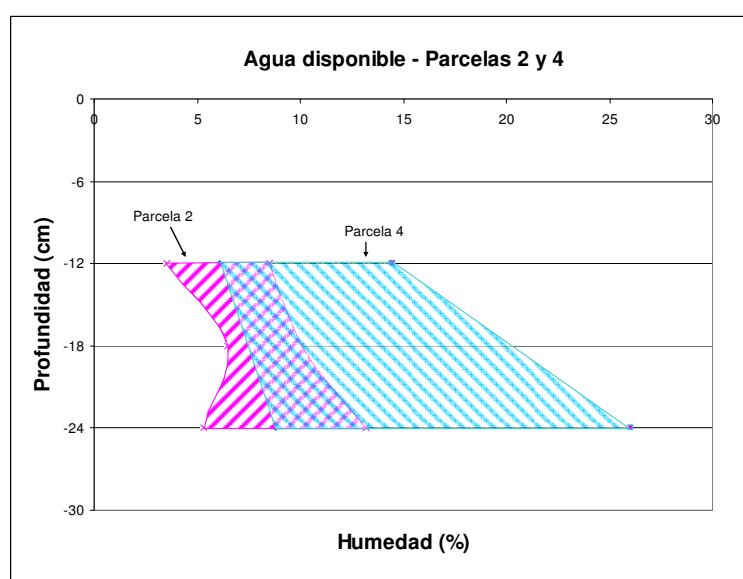


Figura 3.29 Agua disponible para las plantas (PAW) – comparación parcelas 2 y 4

El hidrogel como enmienda superficial tiene similar efecto que la materia orgánica: ampliar la disponibilidad de agua a humedades bajas, permitiendo mantener la hierba en buen estado cuando la humedad es reducida (figura 3.30).

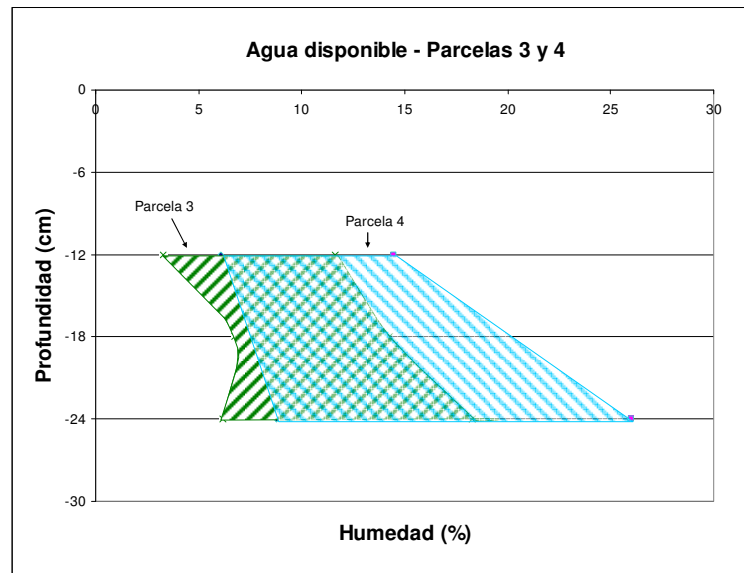


Figura 3.30 Agua disponible para las plantas (PAW) – comparación parcelas 3 y 4

Cuando el sustrato es doblemente enmendado con materia orgánica e hidrogel (parcela 1) el agua disponible para las plantas se ve notoriamente incrementada a niveles bajos de humedad mientras que casi mantiene la misma cantidad de agua disponible a altos niveles de humedad. La doble enmienda parece tener un efecto sinérgico en la disponibilidad de agua en comparación al efecto individual de cada enmienda por separado.

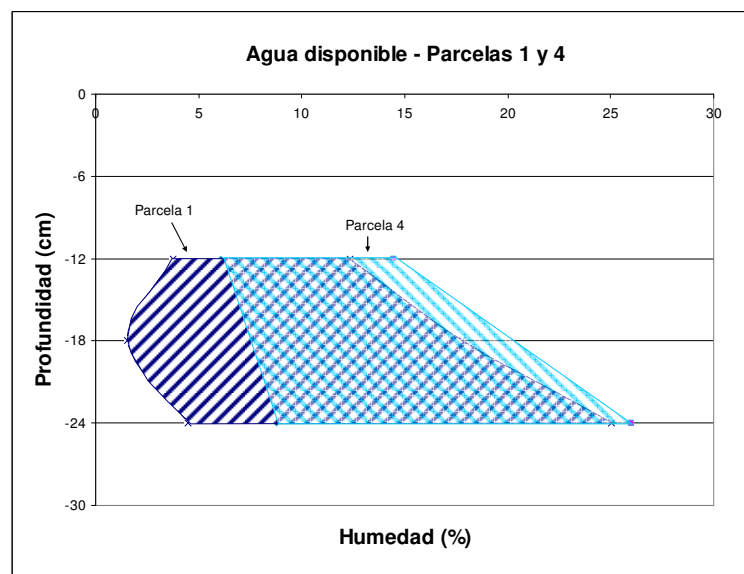


Figura 3.31 Agua disponible para las plantas (PAW) – comparación parcelas 1 y 4

La figura 3.32 compara gráficamente el efecto sobre el agua disponible para las plantas (*PAW*) de las parcelas enmendadas en la que puede verse el claro incremento sobre la disponibilidad que presentó la doble enmienda.

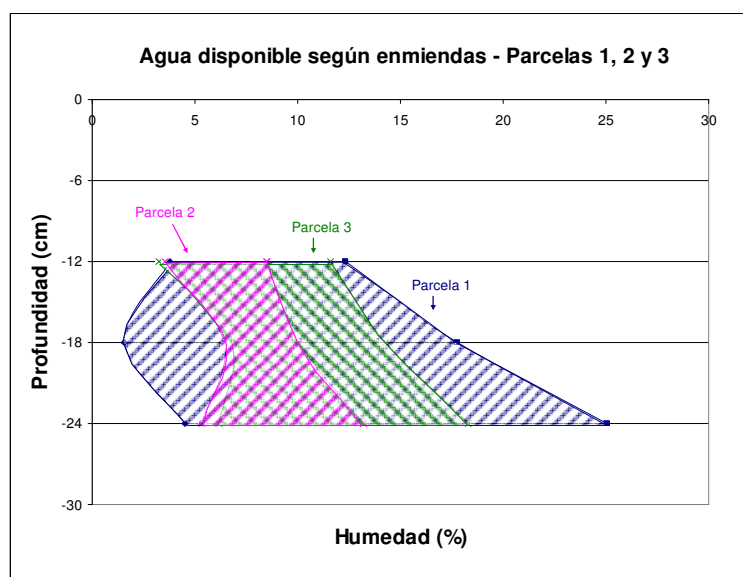


Figura 3.32 Agua disponible para las plantas (*PAW*)– comparación parcelas enmendadas

La manera de realizar el cálculo del volumen de agua disponible para las plantas que se almacenó en cada uno de los sustratos se detalla en el epígrafe siguiente, pero como adelanto, la tabla 3.34 presenta la capacidad de retención de agua disponible (*CRAD*) en todo el perfil del sustrato que se asume como zona radicular.

Tabla 3.34 Capacidad de retención de agua disponible (*CRAD*) – parcelas 1 - 4

Capacidad de retención de agua disponible (mm)	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
	37,13	16,35	26,69	28,38

La parcela 1, doblemente enmendada con materia orgánica e hidrogel presentó una capacidad de retención de agua disponible como mínimo un 31 % mayor que las demás parcelas lo que beneficia el desarrollo del cultivo, mientras que las parcelas enmendadas sólo con materia orgánica o hidrogel (2 y 3) no ampliaron el agua disponible, o los sensores no lo reflejan ya que no abarcan zonas más superficiales.

Contenido de agua en términos de capacidad de campo durante los veranos de 2010 y 2011

Al conocer el valor de la capacidad de campo y como referencia adicional a la humedad mantenida en los sustratos durante los veranos de 2010 y 2011, la tabla 3.35 presenta el contenido de agua en términos de la capacidad de campo a 18 cm de profundidad (en el caso de la parcela 4, la referencia es el sensor a 12 cm).

Tabla 3.35 Humedad mantenida en verano de 2010 y 2011 en términos de la capacidad de campo (%)

<i>Humedad en términos de la capacidad de campo (%)</i>				
<i>Año</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>	<i>Parcela 4</i>
2010	79	100	86	81 (a 12 cm)
2011	Sin datos	89	77	50 (a 12 cm)

La humedad mantenida a 18 cm el verano de 2010 varió entre el 79 y el 100 % de la capacidad de campo (en el caso de la parcela 4, al 81% de la capacidad de campo medida a 12 cm) mientras que el 2011 varió entre el 77 y el 89% (50% en el caso de la parcela 4, a 12 cm). Es entre ambos niveles de humedad entre los que la hierba puede mantenerse a una calidad visual adecuada; por tanto, estos valores pueden servir para automatizar el riego en los sustratos del green experimental en verano.

3.5.2. Cálculo del almacenamiento

Los datos de humedad proporcionados por los sensores permiten cuantificar el agua almacenada en los sustratos y así obtener el último componente del balance hídrico para determinar el requerimiento de agua, la evapotranspiración.

Para calcular el almacenamiento las parcelas se discretizan en capas a las que se asigna la humedad leída por el sensor instalado en cada una de ellas. El volumen de agua almacenada se calcula multiplicando el valor de la humedad por el volumen de la capa. La suma del agua contenida en todas las capas de la parcela dividida por su área proporciona el almacenamiento expresado en L/m^2 (mm).

Para compensar los fallos que - por intervalos - afectaron a los sensores, se ha establecido como primer objetivo de este epígrafe comparar la desviación en que se incurre si se calcula el almacenamiento con uno, dos o tres sensores. De ser el resultado similar, la ausencia de datos de unos sensores sería compensada por los que se mantuvieron en funcionamiento; esta comparación no se realiza con la parcela 4 por contar sólo con dos sensores y en el caso de la parcela 1 esta comparación se realiza cuando el sensor a 18 cm funciona correctamente. Las comparaciones se realizan con los datos del año 2010 en fechas en que los tres sensores funcionaron bien en cada parcela. Más adelante se detallan los intervalos de tiempo en que se realizan tales comparaciones.

3.5.2.1. Cálculo del almacenamiento con un sensor

Para determinar el almacenamiento con un sensor se utiliza la sonda 5TE a 18 cm de profundidad y su lectura se multiplica por el volumen total de la parcela. Este valor dividido entre el área de la

misma proporcionó el almacenamiento en mm. Este cálculo no se hace en la parcela 4 pues no cuenta con este sensor. La tabla 3.36 muestra el volumen y área de las parcelas. La ecuación que corresponde a este cálculo es:

$$\text{Almacenamiento(mm)} = LS_{18\text{cm}} * V_{\text{total}} / \text{Area} \quad (15)$$

Tabla 3.36 Área y volumen de todas las parcelas.

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Área (m ²)	37,456	37,575	36,504
Volumen (m ³)	10,467	11,153	10,577

3.5.2.2. Cálculo del almacenamiento con dos sensores

Para determinar el almacenamiento con dos sensores se utilizaron las sondas 10HS a 12 y 24 cm de profundidad. Las parcelas se dividieron en dos capas: la superficial entre 0 y 18 cm y la profunda entre 18 y 30 cm. La ecuación del almacenamiento es:

$$\text{Almacenamiento(mm)} = (LS_{12\text{cm}} * V_{0-18\text{cm}} + LS_{24\text{cm}} * V_{18-30\text{cm}}) / \text{Area} \quad (16)$$

La figura 3.33 esquematiza la división del volumen de las parcelas para este cálculo. La tabla 3.37 presenta el volumen asignado a cada sensor 10HS.

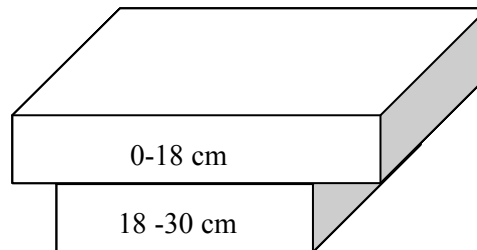


Figura 3.33 División de las parcelas por secciones para el cálculo del almacenamiento con 2 sensores.

Tabla 3.37 División de las parcelas por secciones para el cálculo del almacenamiento con 2 sensores.

Sensor	Volumen (m ³)			
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
0-18 cm (sensor 12 cm)	7,065	7,112	6,906	6,724
18-30 cm (sensor 24 cm)	3,402	4,041	3,671	2,574

3.5.2.3. Cálculo del almacenamiento con tres sensores

Para determinar el almacenamiento con tres sensores se han utilizado los datos de todos los sensores (5TE y 10HS). El volumen de cada parcela se divide en tres secciones: 0-14, 14-20 y 20-30cm. La ecuación 17 presenta el cálculo del almacenamiento con tres sensores:

$$\text{Almacenamiento(mm)} = (LS12 \text{ cm} * V_{0-14 \text{ cm}} + LS18 \text{ cm} * V_{14-20 \text{ cm}} + LS24 \text{ cm} * V_{20-30 \text{ cm}}) / \text{Area} \quad (17)$$

La figura 3.34 esquematiza las secciones en que se dividió la parcela y la tabla 4.10 presenta el volumen de cada sección.

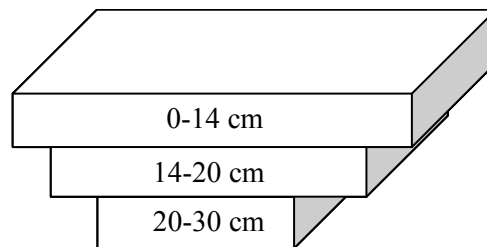


Figura 3.34 División de las parcelas por secciones para el cálculo del almacenamiento con 3 sensores

Tabla 3.38 Volumen de las secciones para el cálculo del almacenamiento con 3 sensores

Sensor	Volumen (m ³)			
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 5
0-14 cm (sensor 12 cm)	5,495	5,532	5,371	5,797
14-20 cm (sensor 18 cm)	2,355	2,370	2,302	2,485
20-30 cm (sensor 24 cm)	2,617	3,251	2,904	1,946

3.5.2.4. Comparación del cálculo del almacenamiento.

La comparación entre el cálculo del almacenamiento con uno, dos o tres sensores ha sido posible en momentos en que todos los sensores funcionaron correctamente. Fallos en los sensores, pérdida de datos y cortes de electricidad han impedido realizar este seguimiento durante toda la investigación, sin embargo, se realiza en un número de días que permiten llegar a conclusiones suficientemente respaldadas en todas las parcelas. La tabla 3.39 muestra, a modo de ejemplo, el almacenamiento diario calculado con uno, dos o tres sensores durante el mes de julio en la parcela 2, la desviación estándar y el coeficiente de variación de los datos (%), medida de la dispersión relativa del almacenamiento calculado con uno, dos o tres sensores.

Tabla 3.39 Comparativo del cálculo del almacenamiento con uno, dos y tres sensores. Julio 2010, parcela 2.

Parcela 2	Almacenamiento (mm)			σ	CV (%)
	tres sensores	dos sensores	un sensor		
1/7/2010 20:00:00	24,66	24,08	26,42	1,24	5
2/7/2010 20:00:00	28,66	28,50	28,61	0,08	0
3/7/2010 20:00:00	29,27	28,85	30,18	0,68	2
4/7/2010 20:00:00	28,62	28,24	29,40	0,59	2
5/7/2010 20:00:00	27,40	26,85	28,81	1,01	4
6/7/2010 20:00:00	28,48	28,04	29,50	0,75	3
7/7/2010 20:00:00	30,77	30,54	30,96	0,17	1
8/7/2010 20:00:00	35,51	35,30	35,52	0,16	0
9/7/2010 20:00:00	31,98	31,59	32,69	0,56	2
10/7/2010 20:00:00	31,10	30,74	31,73	0,50	2
11/7/2010 20:00:00	31,54	31,22	32,02	0,40	1
12/7/2010 20:00:00	30,48	30,12	31,15	0,52	2
13/7/2010 20:00:00	29,22	28,77	30,28	0,78	3
14/7/2010 20:00:00	28,22	27,64	29,79	1,12	4
15/7/2010 20:00:00	26,63	25,93	28,71	1,45	5
16/7/2010 20:00:00	26,03	25,28	28,32	1,58	6
17/7/2010 20:00:00	24,85	24,01	27,52	1,89	7
18/7/2010 20:00:00	25,82	25,16	27,82	1,38	5
19/7/2010 20:00:00	26,06	25,35	28,22	1,49	6
20/7/2010 20:00:00	25,68	24,90	28,12	1,68	6
21/7/2010 20:00:00	26,70	26,00	28,81	1,46	5
22/7/2010 20:00:00	28,08	27,50	29,69	1,13	4
23/7/2010 20:00:00	27,66	27,11	29,20	1,08	4
24/7/2010 20:00:00	27,66	27,11	29,20	1,08	4
25/7/2010 20:00:00	28,49	27,97	29,89	0,99	3
26/7/2010 20:00:00	26,23	25,55	28,32	1,44	5
27/7/2010 20:00:00	26,68	26,00	28,71	1,41	5
28/7/2010 20:00:00	27,90	27,31	29,60	1,19	4
29/7/2010 20:00:00	29,08	28,64	30,18	0,80	3
30/7/2010 20:00:00	29,74	29,31	30,77	0,75	3
31/7/2010 20:00:00	30,35	30,06	30,86	0,41	1
promedio				0,96	3

En el caso del sustrato con materia orgánica la desviación estándar promedio de julio es 0,96 mm y el coeficiente de variación del 3%. Esta desviación entre el cálculo del almacenamiento con uno, dos o tres sensores, que no supera en promedio el 10% de los valores calculados de las tres maneras, se repite en todas las parcelas y en todos los intervalos de tiempo en los que se ha hecho la comparación (tablas 3.41 a 3.43), por lo que ha sido considerada aceptable.

Tabla 3.40 Desviación estándar promedio en el cálculo del almacenamiento con uno, dos y tres sensores en los intervalos de buen funcionamiento. Parcela 1

Parcela 1 - Periodo	$\sigma_{promedio}$	CV (%)
02 julio - 7 agosto 2010	0,81	2

Tabla 3.41 Desviación estándar promedio en el cálculo del almacenamiento con uno, dos y tres sensores en los intervalos de buen funcionamiento. Parcela 2

Parcela 2 - Periodo	$\sigma_{promedio}$	CV (%)
19 abril – 8 de mayo	1,36	6
01 – 30 junio 2010	1,58	7
01 – 31 julio 2010	0,96	3
01 – 08 agosto 2010	0,67	2
09 – 30 septiembre 2010	2,47	12
01 – 18 octubre 2010	1,48	6
Promedio 2010	1,44	6

Tabla 3.42 Desviación estándar promedio en el cálculo del almacenamiento con uno, dos y tres sensores en los intervalos de buen funcionamiento. Parcela 3

Parcela 3 - Periodo	$\sigma_{promedio}$	CV (%)
19 – 30 abril	0,97	5
01 - 27 mayo 2010	1,56	7
01 - 29 junio 2010	2,24	10
09 - 30 septiembre 2010	2,25	8
01 - 12 octubre 2010	1,34	4
Promedio 2010	1,79	7

Al considerar válido el cálculo del almacenamiento independientemente del número de sensores utilizados, los fallos de unos pueden ser compensados por los datos que proporcionaron los que seguían en funcionamiento. Gracias a esto es posible conocer el almacenamiento en las parcelas durante gran parte de los años 2010 y 2011. La parcela 4 sólo cuenta con dos sensores por lo que no se realiza esta comparación. Los únicos datos de esta parcela se refieren al almacenamiento calculado con dos sensores; cuando éstos fallan, se carece de datos. Los valores de la variación diaria de almacenamiento se reproducen en el anexo B para el cálculo de la evapotranspiración real.

El almacenamiento medio mensual

Las tablas 3.43 y 3.44 muestran el almacenamiento medio mensual en todas las parcelas calculado a partir del promedio del almacenamiento a las 20:00 h de todos los días del mes que cuentan con datos; se elige esta hora para evitar la influencia de los riegos (a las 21 h). Esta referencia ha servido también para el cálculo de la evapotranspiración.

El almacenamiento medio mensual da una idea de la cantidad de agua contenida en los sustratos para mantener una buena calidad de la hierba de marzo a noviembre de 2010 ó al límite de aceptabilidad de julio a diciembre de 2011. El contenido de agua más alto en los meses de diciembre de 2010 y enero a mayo de 2011 es consecuencia del riego adicional requerido para las pruebas de caracterización del flujo.

Tabla 3.43 Almacenamiento medio mensual 2010 (*) determinado con los días disponibles.

Almacenamiento medio mensual (mm) Año 2010										
P	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1	34,29	26,75	25,62	27,26	35,69	37,68*	32,80*	36,57	34,34*	
2	24,17	19,86	22,13	25,58	29,71	30,45	26,44	27,15	25,42	29,85
3	31,31	23,81	24,56	27,20	33,61	34,52	32,37	30,97	27,29	31,34
4	33,09	28,47	26,90	27,91	35,30	37,17*	34,58*	35,29	32,18*	

Tabla 3.44 Almacenamiento medio mensual 2011

Almacenamiento medio mensual (mm) Año 2011												
P	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1		38,02	36,71	35,67	25,94							
2	30,79*	26,34	26,37	24,88	23,97	24,91	26,33	26,01	21,52	19,38	26,85	20,99
3	34,25*	30,60	31,58	33,03	28,10	30,03	31,35	29,72	21,77	23,55	29,69	26,40
4		37,86	36,67	35,75	33,04	33,26	33,59	32,79	26,90	32,54	39,98	32,28

Atendiendo a la tabla 3.43, que presenta los datos de almacenamiento para el año 2010 en que se mantuvo una buena calidad visual de la hierba, se observa que en el mes de abril se redujo el nivel de humedad en las parcelas entre un 14 y un 24% (con respecto a marzo) sin afección a la calidad de césped. Los meses de mayo y junio de 2010 el incremento en el almacenamiento fue bajo (entre el 3 y el 16%) si se considera el notorio incremento en las entradas: 38% en mayo y 43% en junio (promedio de las parcelas), señal de un incremento notorio en el requerimiento de agua; la calidad del césped se resintió ligeramente estos meses y se recuperó nuevamente en julio.

Durante los meses de julio a septiembre en que se intentó mantener la humedad constante en el green, la calidad de la hierba fue buena. Las lluvias de octubre no permitieron controlar el almacenamiento, que fue reducido en noviembre sin disminuir la calidad de la hierba. El inicio de las pruebas de trazadores en diciembre incrementó el contenido de agua en las parcelas.

Los objetivos del riego en el año 2011 generaron niveles de humedad que difirieron del 2010: los primeros meses del año las pruebas de caracterización del flujo requirieron mayores entradas, elevando la cantidad de agua almacenada en los sustratos hasta en un 28% (parcela 3, abril de 2011), mientras que en la segunda mitad del año, la búsqueda del ahorro en el consumo del agua mantuvo la hierba al límite de la calidad visual reduciendo hasta en un 49% el agua almacenada en el perfil (parcela 3, septiembre 2011) con consecuencias sobre la evapotranspiración y el estado del césped, como se explica a continuación. Las figuras 3.35 a 3.38 comparan gráficamente el almacenamiento medio mensual los años 2010 y 2011 y presentan sus diferencias. En el caso de la parcela 1, no se cuenta con datos de los sensores a partir de mayo de 2011 por lo que la comparación sólo se puede realizar los primeros meses del año.

El almacenamiento necesario para mantener una óptima calidad de césped puede obtenerse a partir de los datos del año 2010 pues ese fue el objetivo del riego. Puede verse en todas las parcelas que la hierba requiere un cierto nivel de humedad (almacenamiento) que varía según la época del año, siendo mayor entre junio y octubre y notoriamente menor el resto del año. Las pruebas realizadas en los primeros meses del año 2011 elevaron artificialmente el almacenamiento y lo redujeron al límite en los meses siguientes por lo que los datos de este año no pueden ser usados como referencia de requerimiento de humedad de la hierba.

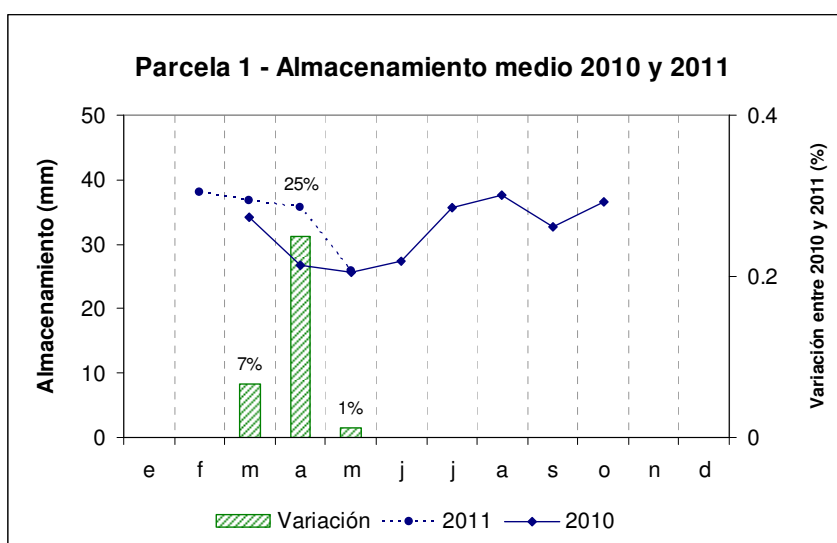


Figura 3.35 Parcela 1 - Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011

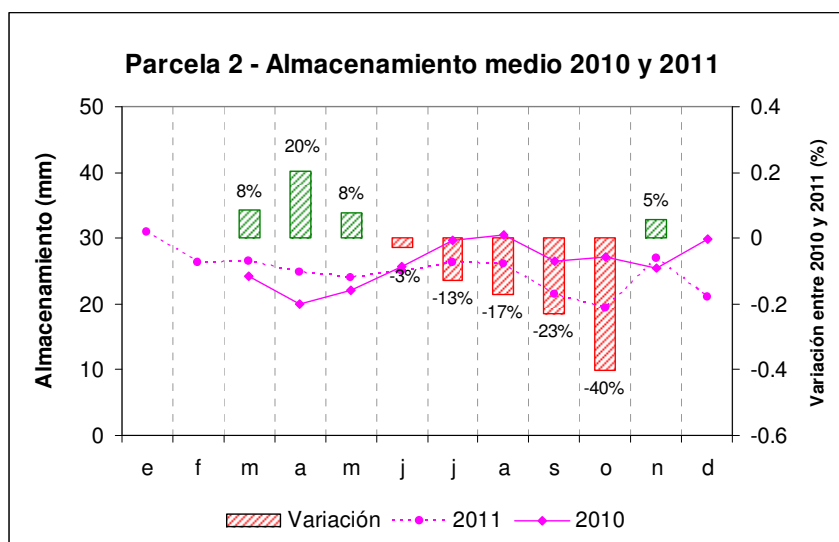


Figura 3.36 Parcela 2 - Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011

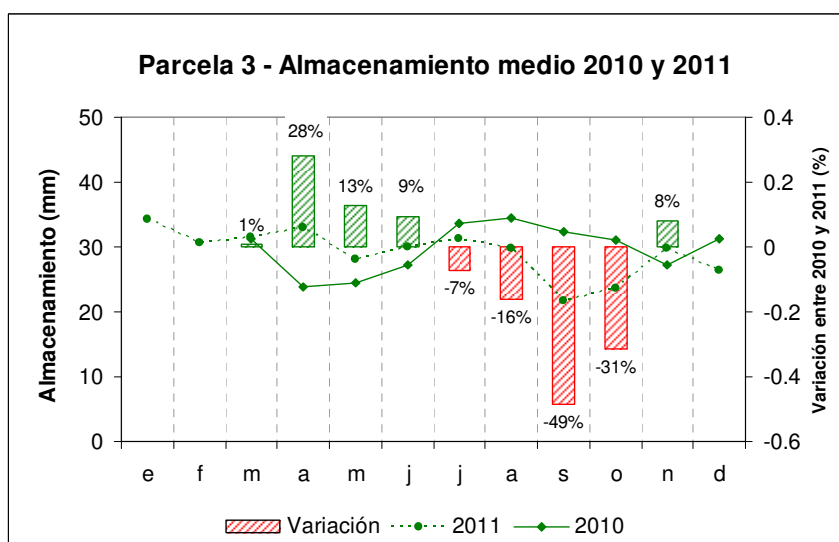


Figura 3.37 Parcela 3 - Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011

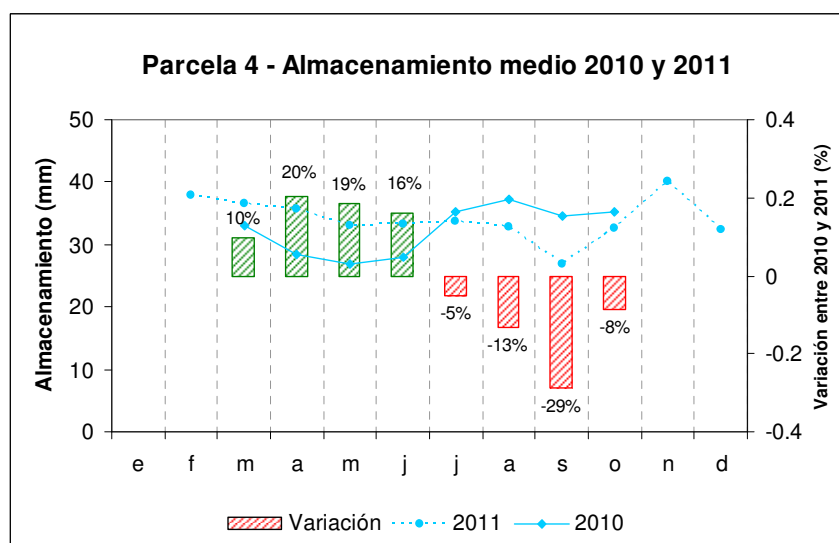


Figura 3.38 Parcela 4 - Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011

3.6. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la suma de los procesos de evaporación del agua del suelo y de la transpiración del cultivo. Estos procesos ocurren simultáneamente y son difíciles de diferenciar y medir (Beard, 1973). La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo constituye su necesidad hídrica (Augustin, 2000; FAO, 2006; Huang, 2006; Romero y Dukes, 2009), de ahí la importancia de su cálculo.

La evapotranspiración depende del cultivo, de las características del sustrato, humedad del suelo, prácticas culturales y condiciones climáticas (intensidad y frecuencia de las precipitaciones, temperatura, radiación solar, velocidad del viento y humedad relativa) (Shearman y Beard, 1973; Feldhake et al., 1983; Butler y Minner, 1985; Carrow, 1985; Gibeault et al., 1989; Kome, 1993; Huang y Fry, 1999; Huang y DaCosta, 2006; Beard y Kenna, 2008; Blankenship, 2011).

Investigadores como Biran et al. (1981), Kim (1983), Beard (1981), Kneebone y Pepper (1984) concluyen que la evapotranspiración se incrementa cuando hay disponibilidad de agua y Aronson et al. (1987a) aportan en su estudio que la evapotranspiración está regida principalmente por factores meteorológicos cuando hay suficiente humedad en el sustrato, pero que declina una vez alcanzado un nivel crítico de humedad (Blankenship, 2011).

Por otra parte, a condiciones de disponibilidad total de agua, la evapotranspiración cambia dependiendo de la variedad de césped: la tasa típica de evapotranspiración para céspedes de estación fría se encuentra entre 3 y 8 mm/día mientras que los de estación cálida presentan una tasa comprendida entre 2 y 5 mm/día. La variedad *Agrostis stolonífera* L93, césped de estación fría, se encuentra entre las variedades con mayor tasa de evapotranspiración (Beard, 1994; Huang y Fry, 1999). Cuando la disponibilidad de agua descende el césped pone en marcha mecanismos biológicos para afrontar la escasez y consumir menos agua. La variedad L93 sufre un descenso acusado en la tasa de evapotranspiración bajo condiciones de estrés hídrico investigado por McCann y Huang (2008) y cambios biológicos estudiados por Xu y Huang (2000), Liu y Huang (2001), DaCosta y Huang (2006) destinados a disminuir su consumo. Estos cambios, sin embargo, pueden afectar su calidad visual, lo que se desea evitar en el golf.

La evapotranspiración se expresa en milímetros (L/m^2) y se determina a partir del balance hídrico (evapotranspiración real, EVT) o se estima a partir de datos meteorológicos (evapotranspiración de referencia, ET_o). La relación entre EVT y ET_o se denomina coeficiente de cultivo (K_c) que se determina cuando el cultivo se encuentra a condiciones estándar, es decir cuando no está estresado por falta de agua, se encuentra bajo excelentes condiciones agronómicas y alcanza su máxima productividad (FAO, 2006).

En este epígrafe se determina el requerimiento hídrico real (evapotranspiración) de la variedad *L93* mantenida bajo disponibilidad total de agua en los distintos sustratos de la investigación y se compara con los valores estimados con la ecuación modificada de Penman-Monteith (Smith et al., 1992) utilizando datos meteorológicos, obteniendo los valores de K_c para los greens en Castellón.

La condición de disponibilidad total de agua mantenida la mayor parte del año 2010 se tradujo en una buena calidad de césped, por lo que se toman los datos de este año para el cálculo de K_c . Las pruebas realizadas en 2011 aportan datos sobre la influencia de la humedad del sustrato en la evapotranspiración. La comparación entre parcelas pondrá de manifiesto la influencia de las enmiendas (factor edáfico).

3.6.1. Determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_o)

La evapotranspiración es un parámetro complicado de medir en campo, por eso se suele estimar a partir de datos meteorológicos. La ecuación más aceptada para el cálculo de la evapotranspiración de referencia es la ecuación (2) FAO- Penman-Monteith, que se reproduce nuevamente a continuación (Smith et al., 1992)

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

Con esta ecuación se calcula la evapotranspiración de referencia (ET_o) para una superficie con un cultivo hipotético de referencia con una altura asumida de 12 cm, una resistencia superficial fija de 70 s m^{-1} y un albedo de 0,23. La ET_o depende de la radiación neta en la superficie de cultivo (Rn), el flujo de calor en el suelo (G), la temperatura del aire medida a 2 m del suelo (T), la velocidad promedio del viento (U_2), la presión de vapor de saturación (e_s), la presión de vapor real (e_a), la pendiente de la curva de presión de vapor vs temperatura (Δ) y la constante psicrométrica (γ).

La estación meteorológica Rainbird instalada junto al green experimental calculó ET_o diariamente utilizando la ecuación (2). Las tablas 3.45 a 3.47 exponen el valor de ET_o mensual durante el periodo de estudio.

Tabla 3.45 ET_o mensual en el año 2009

Año 2009	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
$ET_o(\text{mm})$	74,64	98,68	126,39	137,16	134,63	125,70	86,50	63,68	51,23	38,25

Tabla 3.46 ET_o mensual en el año 2010

Año 2010	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
ET_o (mm)	41,95	48,8	69,25	81,15	120,87	129,57	141,27	128,01	91,18	70,48	50,16	36,19

Tabla 3.47 ET_o mensual en el año 2011

Año 2011	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
ET_o (mm)	36,68	54,80	63,33	89,74	116,11	129,74	129,1	126,96	98,47	75,07	37,97	41,32

Para adecuar ET_o al cultivo y condiciones reales se multiplica su valor por el coeficiente de cultivo K_c para obtener la evapotranspiración real del cultivo EVT (ASCE, 1990; Carrow, 1995; Brown, 1996; La Branche, 2005; Marek et al, 2006).

$$EVT = ET_o * K_c \quad (18)$$

K_c integra las características que distinguen al cultivo de estudio del cultivo de referencia bajo condiciones estándar. Varía con la naturaleza del cultivo, su altura y etapa de desarrollo, el sustrato que lo sustenta y las características climáticas de la zona. El coeficiente de cultivo varía diariamente y para su mejor manejo se expresa como el promedio de los efectos en un periodo de tiempo: mensual, por etapa de desarrollo del cultivo o estacional (FAO, 2006).

Ante esta variabilidad de K_c estados como Nevada, Arizona, California y Colorado han desarrollado sus propios coeficientes (ASCE, 1990; La Branche, 2005).

Las investigaciones realizadas han hallado valores distintos de K_c para la misma variedad de césped dependiendo de la zona de cultivo. A manera de ejemplo, la variedad de césped de clima frío *bermudagrass* (*Cynodon dactylon*) tiene un K_c que varía entre 0,55 y 0,89 en Nevada (EEUU), mientras que es 0,8 en Arizona (Devitt et al., 1992; Brown, 1996); la *Kentucky bluegrass* tiene un K_c entre 0,6 y 0,8 en Colorado y 1,0 en Kansas; por su parte, la *Tall fescue* entre 0,5 y 0,8 en Colorado y 0,8 en Kansas (Erwin y Koski, 1998; Fu et al., 2004). Aronson et al. (1987a, 1987b) encontraron en su investigación que, al noreste de EEUU, K_c para las variedades de estación fría varía entre 0,88 y 1,09. Sobre estas y otras investigaciones Romero y Dukes (2009) presentan una compilación de resultados y condiciones en las que realizaron tales trabajos que no siempre se llevaron a cabo con disponibilidad total de agua (“*well watered condition*”) sino que también se realizaron bajo condiciones de estrés hídrico con lo que los valores de K_c encontrados no cumplen con los requerimientos estipulados por la FAO.

3.6.1.1. **Determinación de la evapotranspiración real (EVT) mediante el balance hídrico.**

El cálculo de la evapotranspiración real (*EVT*) a partir del balance hídrico (ecuación 14) se puede realizar de dos maneras. En una de ellas se buscan dos fechas en las que la humedad en el interior del sustrato sea aproximadamente la misma con lo que la variación del almacenamiento es cero ($\Delta V=0$). Al cumplirse esta condición, la evapotranspiración es la diferencia de las entradas menos las salidas.

$$P + R = G + EVT \pm \Delta V$$

Cuando es posible determinar ΔV con los datos proporcionados por los sensores de humedad, la evapotranspiración real puede calcularse en distintos intervalos de tiempo.

El año 2009 sólo se pudo calcular la evapotranspiración entre fechas en que $\Delta V=0$ mientras que en el 2010 y 2011 el cálculo fue diario.

3.6.1.1.1. **Cuando $\Delta V=0$**

Durante los años 2010 y 2011 las lluvias superiores a 20 mm/día dieron como resultado valores máximos de humedad a todas las profundidades. La figura 3.39 destaca esos días sobre la variación de la humedad de la parcela 1 el año 2010. Si se asume que el año 2009 las lluvias de esa magnitud también generaron el máximo de humedad (y almacenamiento) en las parcelas, entonces la diferencia en el almacenamiento entre estos eventos de precipitación se puede asumir como cero: $\Delta V=0$.

Las tablas 3.48 a 3.50 presentan el cálculo de la evapotranspiración real (*EVT*) los años 2009 a 2011. Las fechas corresponden a los intervalos entre el 30 de marzo y 22 de septiembre el 2009, el 04 de marzo y 12 de octubre el 2010 y el 12 de marzo y el 21 de noviembre el 2011. Al depender este cálculo de las lluvias, las fechas no coinciden en los tres años de investigación aunque son cercanas. El coeficiente de cultivo $K_c=EVT/ET_o$ también se ha calculado aunque debe mencionarse que aunque sólo en 2010 las condiciones de cultivo fueron similares a las condiciones estándar de la FAO, en 2011 las condiciones fueron cercanas, no así en 2009.

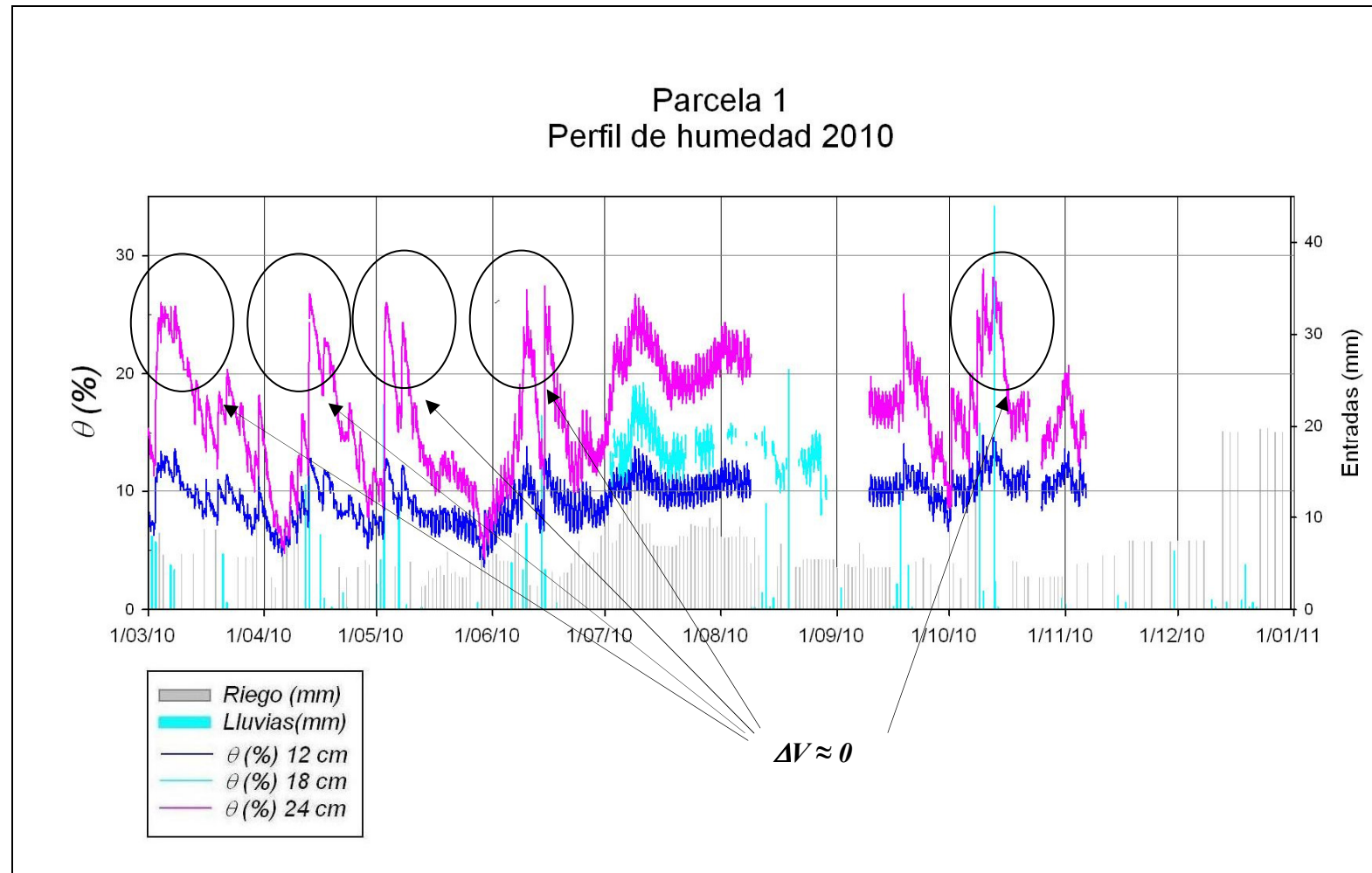


Figura 3.39 Fechas con similar humedad en el sustrato, entre las que $\Delta V=0$

Tabla 3.48 Cálculo de la EVT cuando $\Delta V = 0$. Año 2009 (30/03 – 22/09).

Parcela	R (mm)	P (mm)	G (mm)	EVT (mm)	ET _o (mm)	"K _c "
1	738,6	165,0	143,8	759,8	692,4	1,1
2	734,9	165,0	208,7	691,2	692,4	1,0
3	692,7	165,0	135,3	722,5	692,4	1,0
4	798,3	165,0	325,6	637,7	692,4	0,9

Tabla 3.49 Cálculo de la EVT cuando $\Delta V = 0$. Año 2010 (04/03 – 12/10).

Parcela	R (mm)	P (mm)	G (mm)	EVT (mm)	ET _o (mm)	K _c
1	919,2	279,3	211,1	987,4	783,1	1,3
2	1201,9	279,3	565,3	915,9	783,1	1,2
3	1259,6	279,3	347,4	1191,5	783,1	1,5
4	1072,8	279,3	446,1	905,9	783,1	1,2

Tabla 3.50 Cálculo de la EVT cuando $\Delta V = 0$. Año 2011 (12/03 – 21/11).

Parcela	R (mm)	P (mm)	G (mm)	EVT (mm)	ET _o (mm)	"K _c "
1	836,9	385,5	222,2	1000,2	832,6	1,2
2	1010,8	385,5	529,9	866,3	832,6	1,0
3	1180,9	385,5	451,5	1114,8	832,6	1,3
4	1163,1	385,5	623,0	925,6	832,6	1,1

La tabla 3.51 resume los valores hallados para los coeficientes de cultivo por parcela.

Tabla 3.51 Coeficiente de cultivo calculados cuando $\Delta V=0$

Parcela	K _c		
	2009	2010	2011
1	1,1	1,26	1,2
2	1,0	1,17	1,0
3	1,0	1,52	1,3
4	0,9	1,16	1,1

En general puede apreciarse que en casi todos los casos EVT resulta mayor o igual que ET_o ($K_c \geq 1$) y que las parcelas enmendadas con hidrogel (1 y 3) muestran en todos los años los mayores valores de K_c.

En particular, se encuentra que en los sustratos con materia orgánica (parcela 2) y 100% arenoso (parcela 4) el requerimiento de agua para mantener una calidad de césped aceptable (año 2010) es entre un 16 y un 17 % mayor que el determinado por la estación meteorológica.

Los datos de las parcelas enmendadas con el hidrogel tienen otra lectura ya que el valor de K_c no significa mayor requerimiento de agua, sino que, al ser retenida por el hidrogel el agua se evapotranspira en vez de drenar como sucede en el caso de sus homólogas sin el aditivo. El mantenimiento del agua en los primeros centímetros del perfil incrementa el proceso de evaporación; por otra parte la presencia de agua a disposición de las raíces facilita la transpiración, responsable de mantener la temperatura en las hojas por debajo de la temperatura ambiente para disminuir el estrés por altas temperaturas (Throssell et al., 1987; Carrow, 1993). El efecto del hidrogel así como los factores que influyen en la evapotranspiración son tratados más adelante.

La ventaja de calcular la evapotranspiración cuando $\Delta V=0$ es la facilidad en la obtención de datos; la desventaja es que sólo puede usarse entre fechas en las que se asume que la humedad en el sustrato es la misma. A falta de sensores es una buena aproximación pero no pone de manifiesto cómo varía EVT (y por tanto K_c) en los distintos meses y estaciones del año.

3.6.1.1.2. Cuando ΔV es distinto de 0

La posibilidad de calcular la variación del almacenamiento en distintos intervalos de tiempo ha permitido el cálculo de la EVT diaria.

Balance diario

Las tablas del anexo B compilan los valores de las entradas ($P+R$), salidas (G) y variación del almacenamiento (ΔV) diarios en las parcelas 1 a 4 desde marzo de 2010 hasta diciembre de 2011. Presentan también la evapotranspiración real diaria (EVT diaria) calculada a partir del balance hídrico (ecuación 14). Los datos de la evapotranspiración de referencia ET_o diaria también se muestran.

Debido a los fallos de los sensores no ha sido posible obtener datos de ΔV y por lo tanto de la evapotranspiración en algunas fechas. En los meses que presentan datos completos, la suma de la evapotranspiración diaria corresponde a la evapotranspiración mensual (EVT mensual). En los meses que presentan datos suficientes (más de 7) se estima la evapotranspiración mensual a partir de la extrapolación de los datos existentes. El anexo B presenta también los valores de la EVT mensual real y estimada para cada mes de la investigación.

El intervalo diario tomado para realizar el cálculo de la *EVT* diaria se detalla a continuación: al mantener el horario de riego del campo de golf durante la investigación (21:00 h), las entradas por riego se produjeron las últimas horas del día 1 (figura 3.40). El drenaje producido por la entrada del día 1 se leyó aproximadamente 13 horas después (día 2) en que se asumió colectado el 100% del agua drenada. La variación de humedad se midió desde una hora antes del riego - 20:00 horas del día 1 - hasta una hora antes del siguiente riego - las 20:00 horas del día 2 para que su valor no estuviera afectado por los riegos. La figura 3.40 muestra que en un día de balance hídrico, se incluyen la entrada, el drenaje por ella producido y la variación del almacenamiento que se produce en las 24 horas que rodean el evento. El desfase de 20 horas de *EVT* frente a *ET_o* queda patente en las gráficas, mas el balance mensual contiene todas las entradas y salidas del mes, y la *EVT* de las primeras 20 h del mes son compensadas con las primeras 20 h de *EVT* del mes siguiente. Las precipitaciones se reparten en los días correspondientes a los nuevos intervalos establecidos para el balance ya que se cuenta con datos horarios de precipitación. En dos casos el evento de precipitación abarca meses distintos; por eso en abril-mayo y octubre-noviembre de 2010, la repartición de la lluvia modifica ligeramente las entradas mensuales del epígrafe 3.3.1 (Precipitaciones).

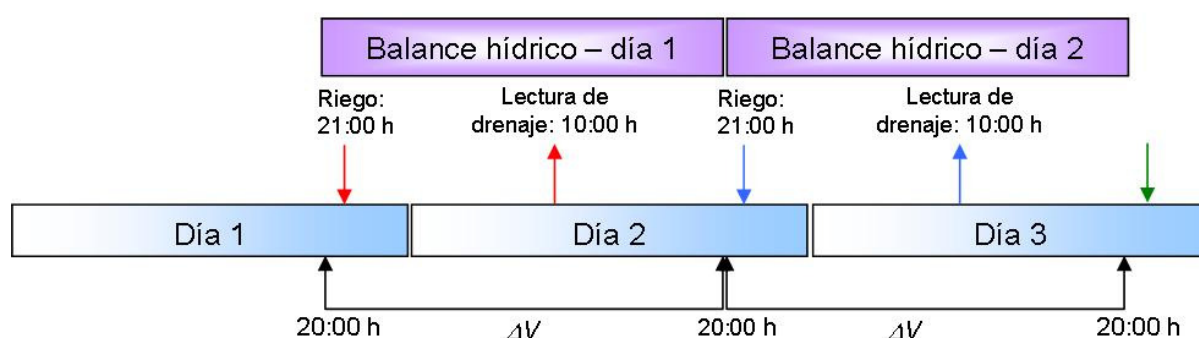


Figura 3.40 Intervalo de cálculo de la evapotranspiración real diaria

La tabla 3.52 muestra a modo de ejemplo el balance realizado el mes de abril en la parcela 1 y la figura 3.41 muestra gráficamente la variación de la *EVT* diaria. Puede notarse en la tabla que entradas muy cercanas o mayores a 5 mm incrementan el almacenamiento mientras que en la mayor parte de los casos, entradas menores a este valor (de baja intensidad) no consiguen este propósito debido al tipo de flujo en cada parcela que es abordado en profundidad en el capítulo 4. La evapotranspiración real mensual resulta 6,2 mm mayor que la de referencia, un 7,6 % ($K_c = 1,08$). La figura 3.41 muestra que la evapotranspiración real sigue una variación similar a la evapotranspiración de referencia (*ET_o*), el desfase se debe al intervalo elegido para el cálculo. También es posible observar que aunque K_c resulta mayor que 1, los valores de *EVT* no siempre superan *ET_o*, sino que a veces se encuentran por encima y otras por debajo de este valor, lo que

indica que bajo ciertas circunstancias la ecuación de Penman puede sobreestimar o subestimar el valor de la evapotranspiración.

Tabla 3.52 Cálculo de la EVT diaria en la parcela 1 (abril 2010)

Fecha	ET _o (mm)	Parcela 1			
		Entradas (mm)	Salidas (mm)	ΔV	EVT (mm)
01/04/2010 20:00	3,43	0,00	0,27	-4,18	3,91
02/04/2010 20:00	2,64	0,00	0,00	-3,47	3,47
03/04/2010 20:00	2,61	3,50	0,11	-1,07	4,47
04/04/2010 20:00	4,05	2,38	0,10	-0,70	2,97
05/04/2010 20:00	3,28	0,00	0,00	-1,08	1,08
06/04/2010 20:00	2,64	5,75	0,05	2,45	3,25
07/04/2010 20:00	1,88	8,48	0,10	6,45	1,93
08/04/2010 20:00	2,88	0,00	0,00	-3,56	3,55
09/04/2010 20:00	2,95	9,02	0,00	5,55	3,47
10/04/2010 20:00	3,52	9,02	0,27	4,56	4,19
11/04/2010 20:00	4,11	0,00	0,00	-3,45	3,46
12/04/2010 20:00	2,07	27,49	3,12	19,48	4,89
13/04/2010 20:00	0,84	0,49	2,96	-3,38	0,90
14/04/2010 20:00	1,31	0,00	2,88	-3,95	1,06
15/04/2010 20:00	2,28	0,00	0,77	-4,35	3,58
16/04/2010 20:00	1,96	9,13	0,77	8,13	0,23
17/04/2010 20:00	0,63	0,25	0,72	-2,64	2,17
18/04/2010 20:00	1,42	0,50	1,68	-4,62	3,44
19/04/2010 20:00	3,39	0,00	0,67	-4,52	3,85
20/04/2010 20:00	3,08	0,00	0,32	-1,30	0,98
21/04/2010 20:00	3,13	5,62	0,43	3,27	1,92
22/04/2010 20:00	1,32	1,51	0,00	-1,31	2,82
23/04/2010 20:00	2,48	3,47	0,83	-3,42	6,06
24/04/2010 20:00	3,6	0,00	0,00	-3,32	3,32
25/04/2010 20:00	2,79	0,00	0,00	-1,47	1,47
26/04/2010 20:00	3,87	4,60	0,26	-1,32	5,66
27/04/2010 20:00	3,89	0,00	0,00	-3,09	3,09
28/04/2010 20:00	3,96	5,32	0,05	2,21	3,06
29/04/2010 20:00	3,44	4,82	0,05	4,25	0,52
30/04/2010 20:00	1,7	2,79	0,05	0,07	2,66
TOTAL	81,2	104,1	16,5	0,21	87,5
Kc					1,08

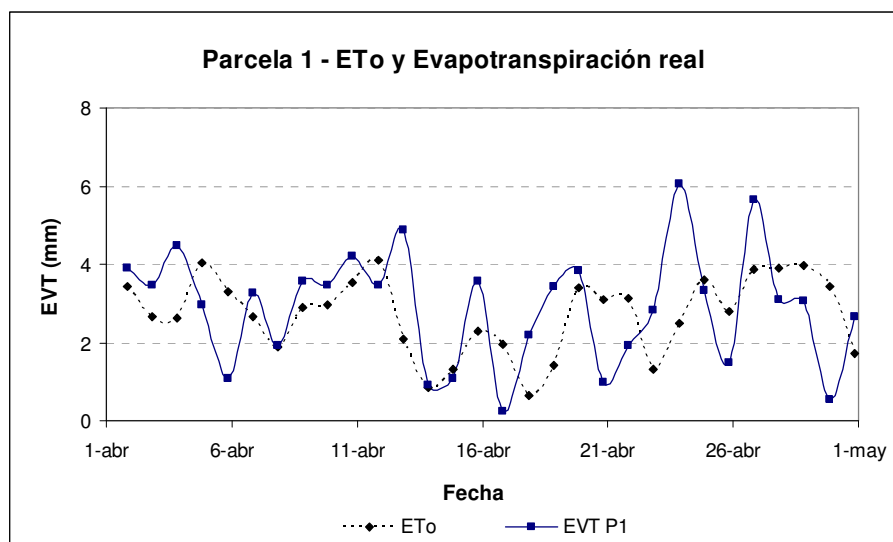


Figura 3.41 Variación de la evapotranspiración real y de referencia en el mes de abril 2010 en la parcela 1

Las figuras 3.42 a 3.45 exponen la variación diaria de la evapotranspiración entre el 1 de marzo de 2010 y el 31 de diciembre de 2011 en todas las parcelas. Las líneas grises corresponden a ET_o (estación meteorológica) y las líneas de color corresponden a la evapotranspiración en cada parcela (datos en el anexo B). Se aprecia la falta de datos de EVT en algunas fechas principalmente en las parcelas 1 y 4 debido a deficiencias en el funcionamiento de los sensores.

Puede notarse en las gráficas que todas las curvas siguen la misma evolución: presentan los valores más elevados en los meses de junio a agosto y los más bajos en los meses de noviembre a febrero. La oscilación de los valores de EVT en torno a los valores de referencia advierten de la influencia de otros factores distintos de los meteorológicos.

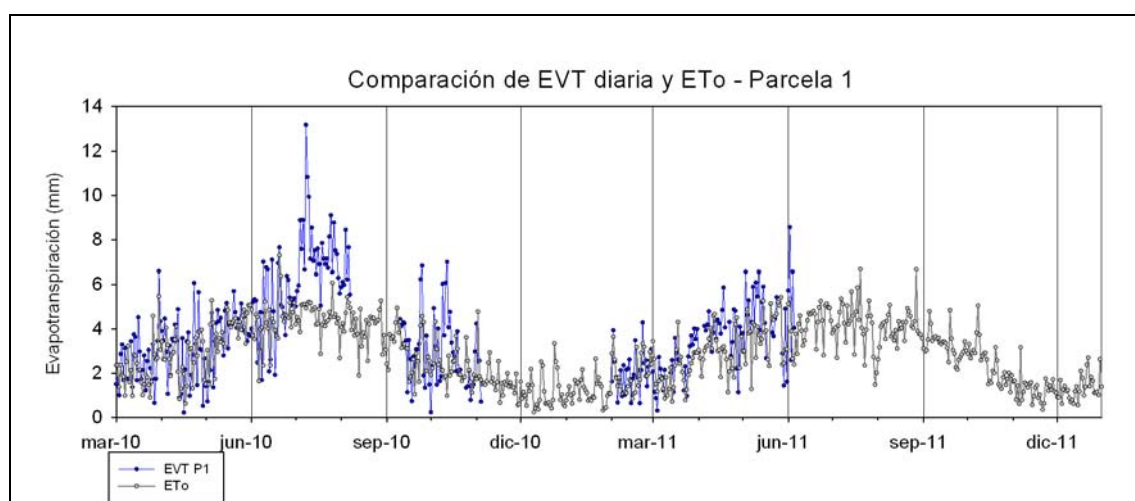


Figura 3.42 Variación diaria de la evapotranspiración real y de referencia - parcela 1

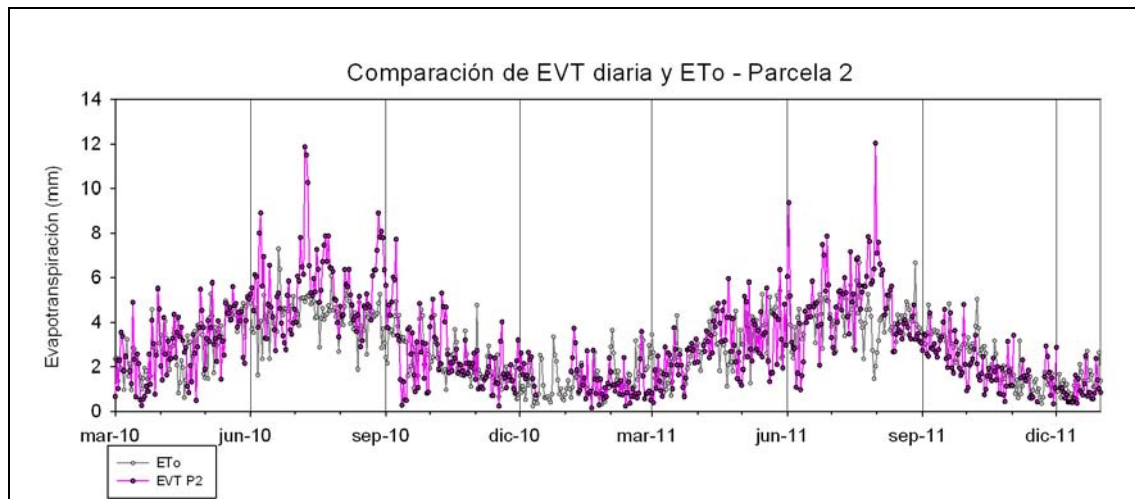


Figura 3.43 Variación diaria de la evapotranspiración real y de referencia - parcela 2

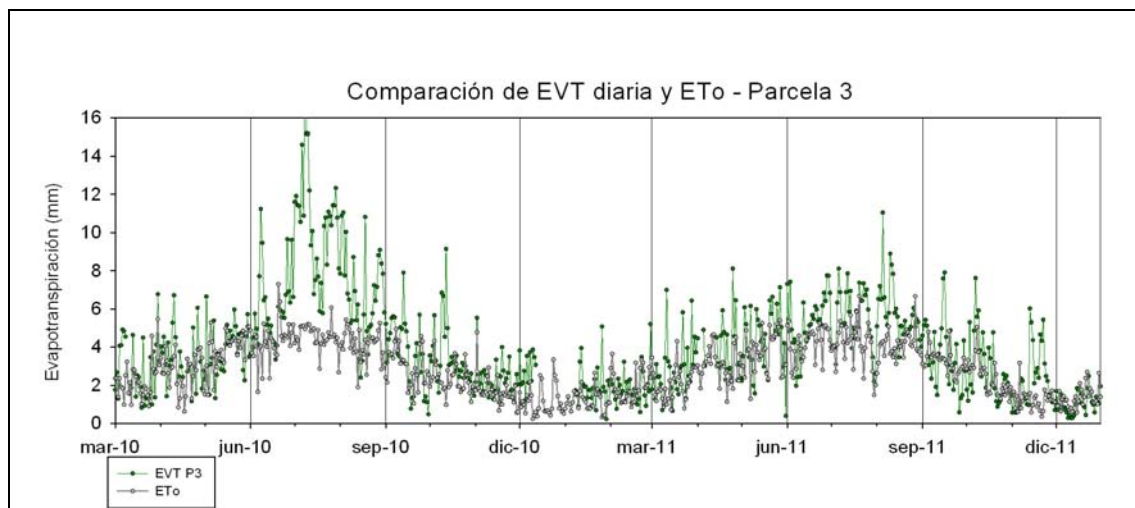


Figura 3.44 Variación diaria de la evapotranspiración real y de referencia - parcela 3

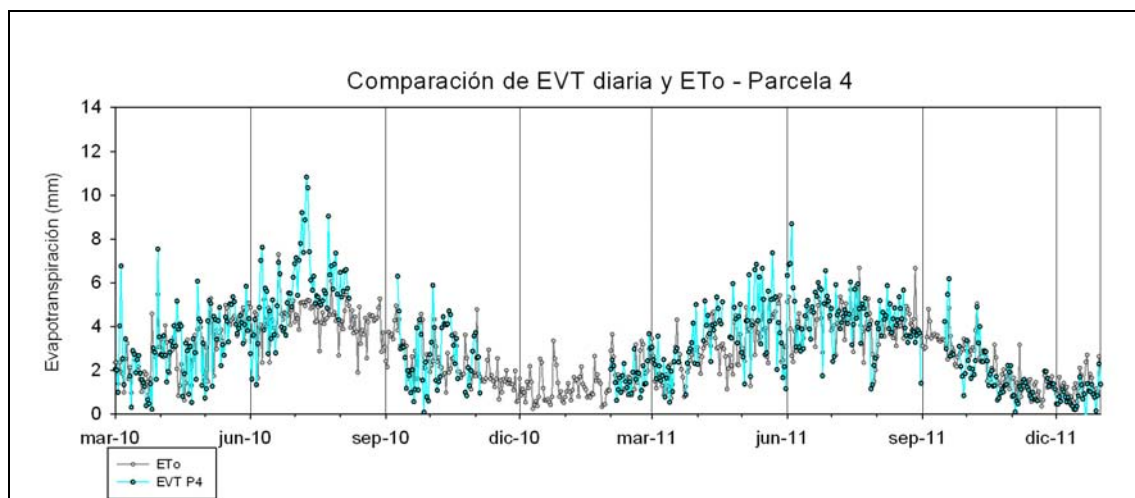


Figura 3.45 Variación diaria de la evapotranspiración real y de referencia - parcela 4

Los valores entre los que oscila la *EVT* durante toda la investigación y durante el verano de 2010 (total disponibilidad de agua) se exponen en la tabla 3.53. Puede apreciarse el amplio rango en que varía la evapotranspiración en todas las parcelas, pero se resalta que las parcelas enmendadas con hidrogel (1 y 3) muestran en todos los casos los valores más altos tanto en los mínimos como en los máximos.

Tabla 3.53 Valores entre los que varió la *EVT* durante la investigación y en el verano de 2010

<i>Parcela</i>	<i>EVT durante la investigación (mm/día)</i>	<i>EVT de junio a agosto de 2010 (mm/día)</i>
1	0,25 – 13,18	3,71 – 13,18
2	0,25 – 12,02	2,76 – 12,02
3	0,48 – 15,16	3,34 – 15,16
4	0,10 – 10,83	3,06 – 10,83

En la tabla 3.54 se presentan valores encontrados en la bibliografía entre los que oscila la evapotranspiración de las variedades de césped de estación fría calculadas a partir del balance hídrico (lisímetros de pesada) y las condiciones de cultivo bajo las que se han realizado estas investigaciones (Romero y Dukes, 2009).

Tabla 3.54 Evapotranspiración de variedades de césped de estación fría encontrados en la bibliografía

<i>Fuente</i>	<i>Rango (mm/día)</i>	<i>Altura de corte, sustrato</i>	<i>Condiciones</i>	<i>Condiciones de humedad</i>
Green et al. (1990)	7,7 – 12,4	5 cm, arcilla sinterizada	invernadero (22°C día y noche)	total disponibilidad
Kim y Beard (1988)	5,08 – 7,11	arcilla sinterizada	2 años – condiciones similares a campo	total disponibilidad
Aronson et al. (1987a)	2,28 – 4,10	franco limoso	veranos de 1984-85	total disponibilidad
Bowman y Macaulay (1991)	4,57 – 12,95	5 cm, arcilla sinterizada	invernadero a 23°C día /18°C noche	total disponibilidad

En nuestro caso, las parcelas 2 y 4 presentan en verano valores similares a los de los estudios de Green et al. (1990) y Bowman y Macaulay (1991) mientras que las parcelas 1 y 3 superan los valores máximos de la bibliografía.

Salta a la vista en las figuras 3.42 a 3.45 el incremento de *EVT* con respecto a *ET_o* entre julio y septiembre de 2010, patente en todas las parcelas y especialmente notorio en las parcelas 1 y 3 (parcelas con hidrogel). En el verano de 2011, en que se mantuvieron los sustratos a niveles

menores de humedad que en 2010, esta desviación de ET_o aún puede verse en las parcelas 2 y 3, aunque con menor intensidad mientras que la parcela 4 ya no muestra esta desviación de los valores de referencia (parcela 1 sin datos).

Este comportamiento induce a pensar que la demanda biológica de agua se incrementa notoriamente en los meses de verano y que, dependiendo del nivel de humedad presente en el sustrato, se puede dar una respuesta a esta demanda o no hacerlo con las consecuencias que ello acarrea: el incremento de la temperatura capilar de la planta, la disminución del contenido de agua en las hojas, la afección del sistema fotosintético y radicular de la hierba y el descenso de su calidad en los meses de mayor tránsito por juego (Santarius, 1976; Throssell et al., 1987; Carrow, 1993; Paulsen, 1994; Carrow, 1996; Xu y Huang, 2000; Huang y Gao, 2000; Liu y Huang, 2001; Dernoeden, 2002; Huang, 2002; Fu et al., 2004; DaCosta y Huang, 2005, 2006; McCann y Huang, 2008).

En el artículo “*Summer decline of bentgrass greens*”, Carrow (1996) indica que la variedad *Agrostis palustris* disminuye su calidad en los meses de verano debido al estrés térmico que sufre al ser sometida a temperaturas mayores a 29,4 °C. En las figuras 3.46 a 3.49 puede advertirse el notable incremento de EVT cuando la temperatura máxima diaria supera este valor el año 2010. En 2011 esta respuesta se advierte aún en las parcelas 2 y 3 pero ya no en la parcela 4 (parcela 1 sin datos) pues al parecer no hubo agua suficiente en el perfil, o no estuvo disponible para la planta como sí lo hizo en las parcelas 2 y 3.

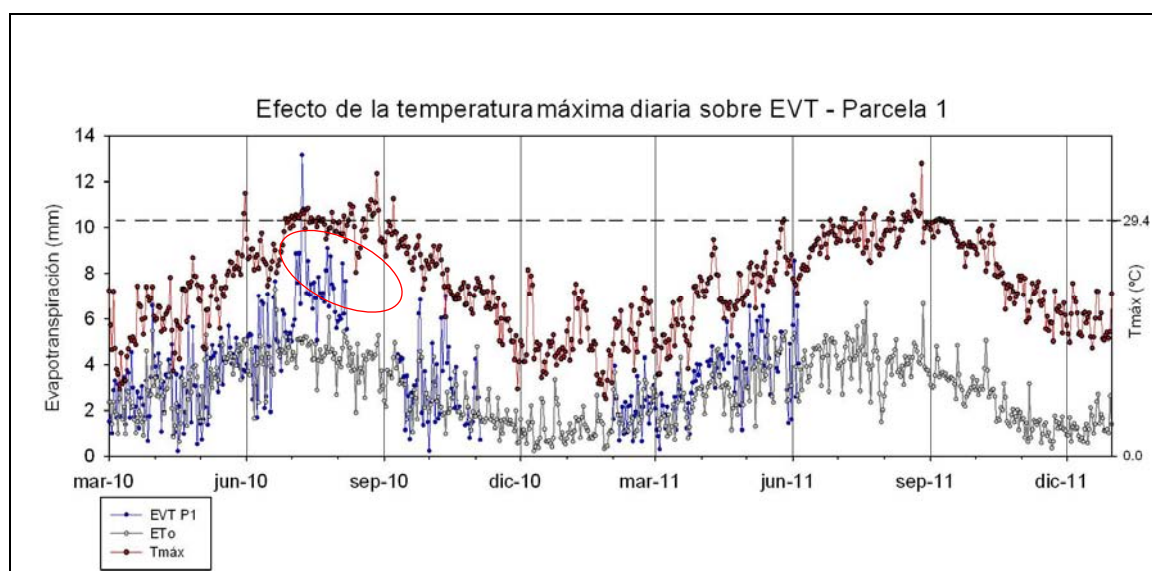


Figura 3.46 Efecto de la temperatura máxima sobre la evapotranspiración – Parcela 1

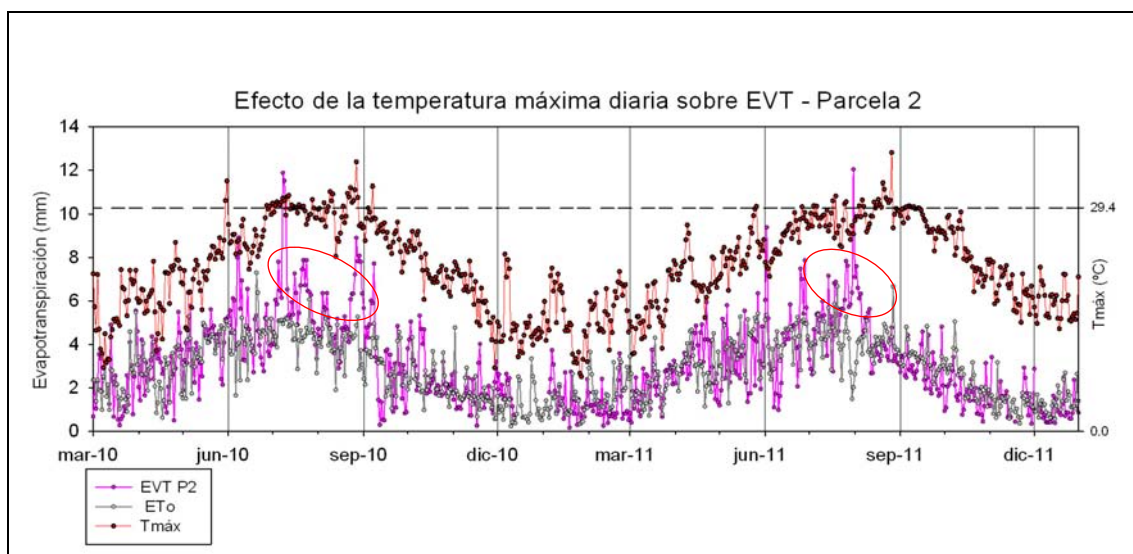


Figura 3.47 Efecto de la temperatura máxima sobre la evapotranspiración – Parcela 2

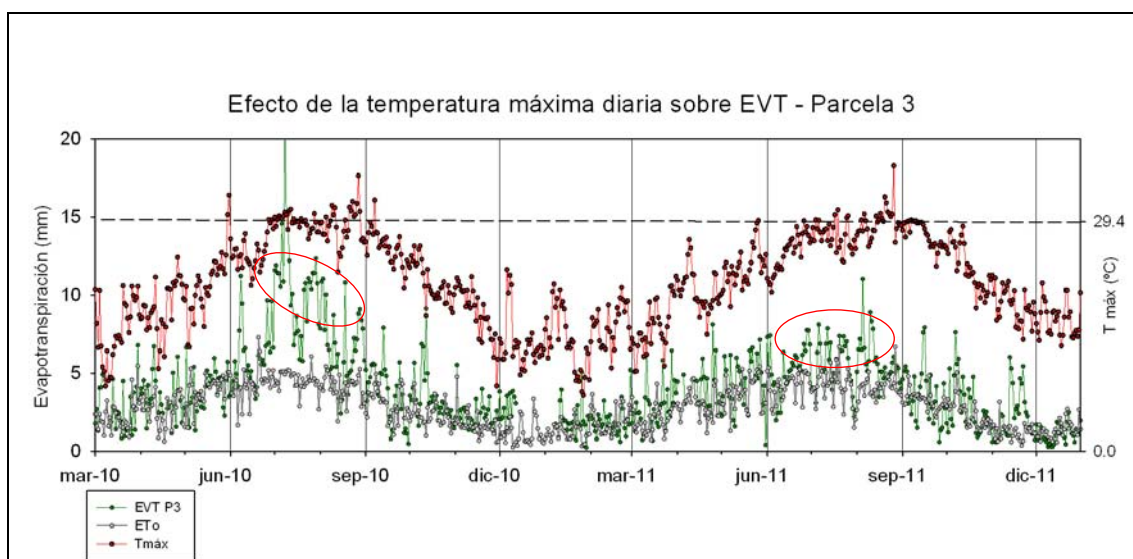


Figura 3.48 Efecto de la temperatura máxima sobre la evapotranspiración – Parcela 3

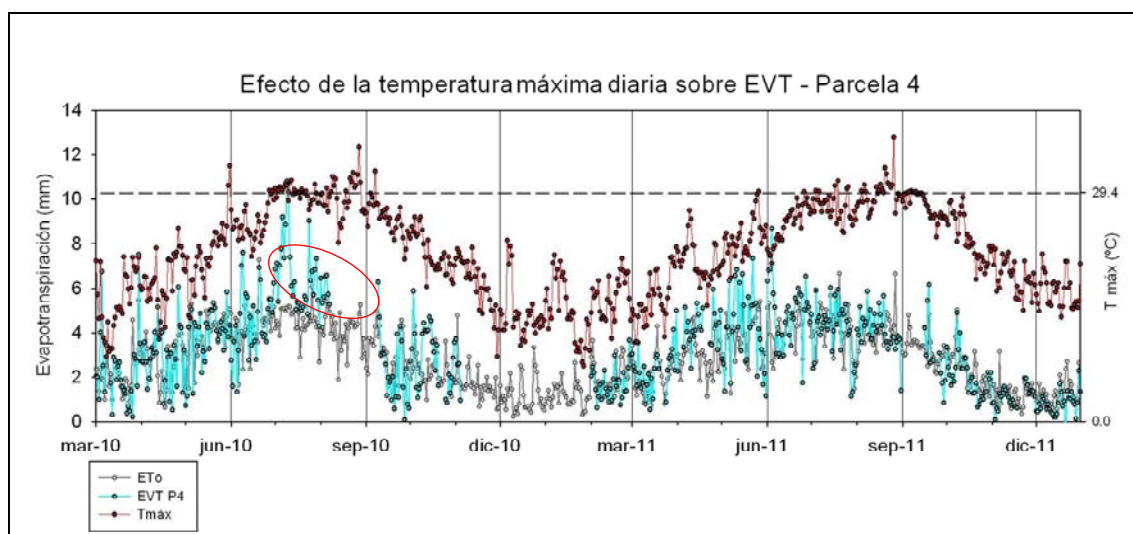


Figura 3.49 Efecto de la temperatura máxima sobre la evapotranspiración – Parcela 4

Los datos mensuales permiten visualizar mejor la variación de *EVT* así como una mejor comparación entre parcelas. La tabla 3.55 expone el valor de la *EVT* mensual calculada a partir de la suma de los datos diarios existentes. En los meses en que faltan datos (ver anexo B) la *EVT* fue estimada multiplicando ET_o por el factor proporcional hallado a partir de los días que sí presentaron datos. Esta extrapolación sólo se ha aplicado a meses con más de 7 datos.

En la figura 3.50 las líneas de color azul, fucsia, verde y celeste representan *EVT* mensual de las parcelas 1 a 4 respectivamente, que se comparan con la evapotranspiración de referencia mensual (línea negra punteada).

Tabla 3.55 Evapotranspiración mensual calculada a partir de los datos diarios (mm) - anexo B

Año	Mes	Eto	P1	P2	P3	P4
2010	Marzo	69,3	81,8	66,5	87,3	70,7
	Abril	81,2	87,7	86,1	97,4	89,3
	Mayo	120,9	113,6	113,6	116,1	117,3
	Junio	129,6	146,4	143,9	180,1	134,8
	Julio	141,3	234,6	200,6	330,6	204,9
	Agosto	128,0	180,5	167,7	209,9	163,8
	Septiembre	91,2	104,0	91,2	109,4	73,9
	Octubre	70,5	89,5	86,7	107,9	83,2
	Noviembre	50,2		49,7	70,3	
	Diciembre	36,2		63,4	96,7	
2011	Enero	36,7		44,8	60,6	
	Febrero	54,8	59,2	31,8	52,6	50,4
	Marzo	63,3	70,9	62,1	87,4	70,9
	Abril	89,7	110,3	99,6	130,1	121,1
	Mayo	116,1	139,3	104,5	134,7	127,7
	Junio	126,7		130,5	158,4	144,4
	Julio	129,1		169,1	169,1	127,8
	Agosto	127,0		134,6	181,6	128,3
	Septiembre	98,5		86,7	108,4	74,9
	Octubre	75,1		51,8	90,9	63,8
	Noviembre	38,0		42,9	68,4	42,6
	Diciembre	41,3		31,4	33,9	26,0

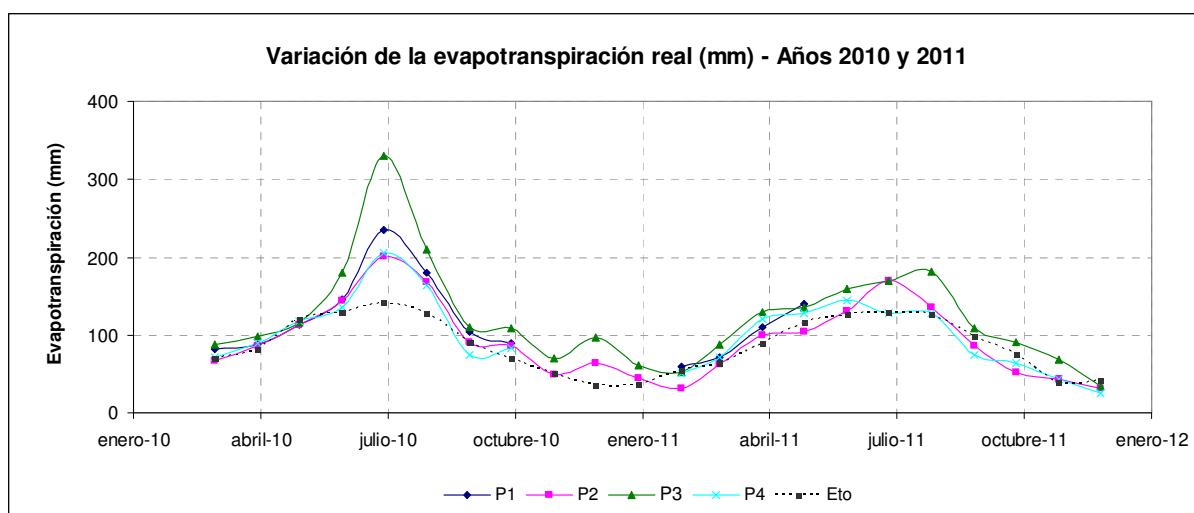


Figura 3.50 Variación de EVT mensual de todas las parcelas y de ET_o .

Es posible aproximar datos anuales de EVT en casi todas las parcelas, si se considera que entre noviembre y febrero ET_o representa con buena aproximación el requerimiento real de agua en los sustratos. De esta manera, el valor aproximado de EVT , el requerimiento real de agua en los años 2010 y 2011, se ve reflejado en la tabla 3.56. Los siguientes párrafos profundizan en la desviación existente entre la estimación de Penman-Monteith y el valor real de la evapotranspiración.

Tabla 3.56 Evapotranspiración real en los años 2010 y 2011 (mm)

Mes	ET_o	$EVT P1$	$EVT P2$	$EVT P3$	$EVT P4$
2010	1.009,2	1.215,3	1.160,1	1.496,5	1.115,0
2011	996,3	-	989,7	1.275,9	1.014,6

Año 2010 – disponibilidad total de agua para mantener la calidad del césped; exceso de agua en diciembre

De marzo a junio de 2010 las parcelas 2 (enmendada con materia orgánica) y 4 (100% arena) presentan un requerimiento de agua (EVT) similar a ET_o que se incrementa entre un 28 y un 45% los meses de julio y agosto debido al requerimiento extra del césped cuando las temperaturas se acercan a los 30°C. En estos meses la influencia del cultivo se hace patente y la ecuación modificada FAO-Penman-Monteith subestima el requerimiento hídrico. Qian et al. (1996) y Lecina y Martínez-Cob (2000) ya realizaban esta observación con otras variedades de césped a elevados valores de evapotranspiración.

Los meses de septiembre a noviembre, en los que la temperatura volvió a bajar, ET_o representa aproximadamente el requerimiento de agua en las parcelas. El inicio de las pruebas con trazadores en diciembre incrementó el riego y la humedad en los sustratos fue elevada. El exceso de humedad en el sustrato incrementa la evapotranspiración de diciembre en un 75 % en la parcela 2 (parcela 4 sin datos) poniendo de manifiesto que el nivel de humedad en el suelo también tiene influencia en el valor de la evapotranspiración como ya mencionaran Biran et al. (1981), Beard (1981) y Kneebone y Pepper (1984).

Entre marzo y octubre de 2010 (en que se dispuso de datos para ambas parcelas), las parcelas 2 y 4 presentan similar EVT ; de hecho, durante unos meses el requerimiento de agua fue menor en la parcela con materia orgánica mientras que en otros fue mayor, como se ve en la figura 3.51. Bajo esta condición de total disponibilidad de agua, el factor edáfico resulta poco relevante y la capacidad de la materia orgánica de retener el agua (Zhang y Baker, 1999; Bigelow et al., 2000, 2004; Waltz et al., 2003; McCoy et al., 2007) no se manifiesta.

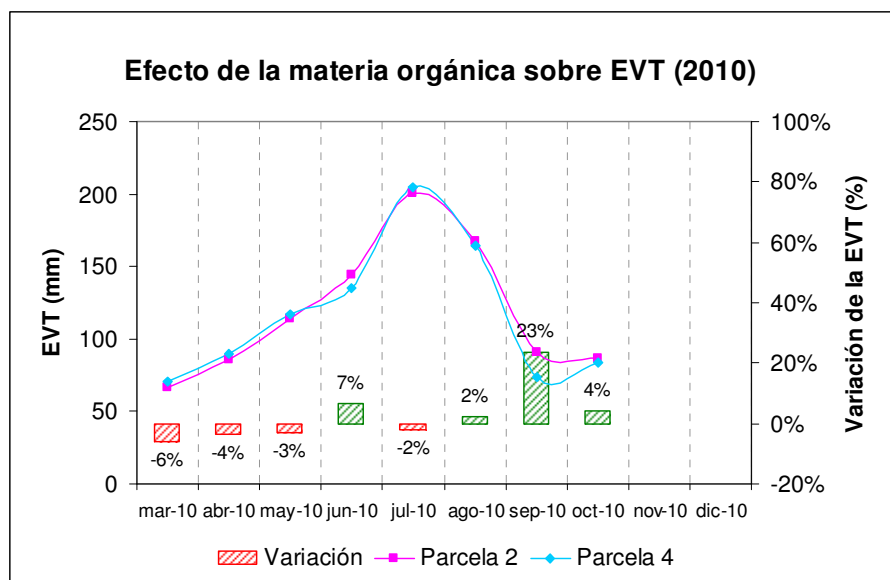


Figura 3.51 Año 2010 - Efecto de la materia orgánica sobre la evapotranspiración

Para el año 2010, se ha calculado la relación K_c bajo la condición de disponibilidad total de agua (condición estándar FAO). La tabla 3.57 muestra los valores de K_c para las parcelas 2 y 4 y la figura 3.52 muestra gráficamente la variación del coeficiente de cultivo durante el año. El valor de K_c de diciembre no se presenta ya que, al ser excesiva la humedad en el sustrato, las condiciones del césped no fueron óptimas y no se cumplió la condición exigida por la FAO.

Tabla 3.57 K_c calculado para las parcelas 2 y 4 el año 2010

Año	Mes	P2	P4
2010	marzo	0,96	1,02
	abril	1,06	1,10
	mayo	0,94	0,97
	junio	1,11	1,04
	julio	1,42	1,45
	agosto	1,31	1,28
	septiembre	1,00	0,81
	octubre	1,23	1,18
	noviembre	0,99	
	diciembre		

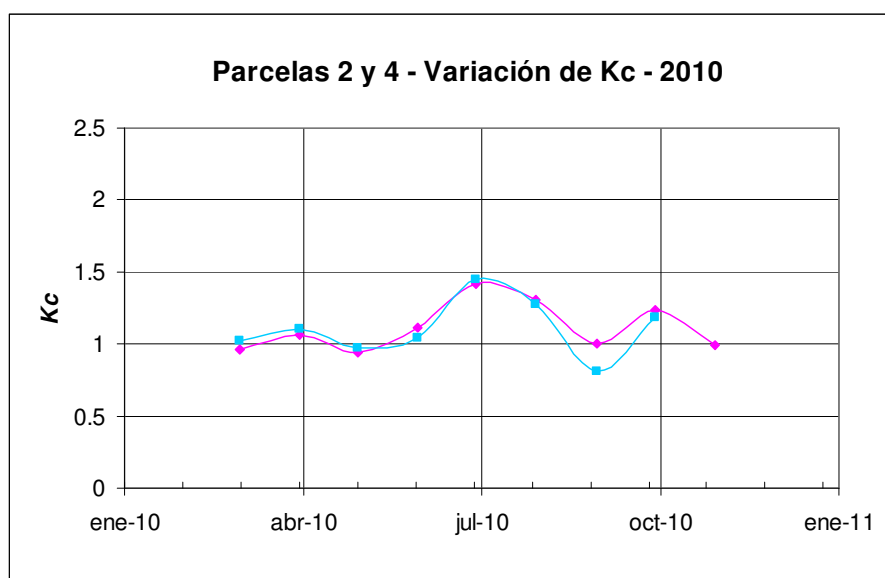


Figura 3.52 Variación del coeficiente de cultivo en las parcelas 2 y 4 – 2010

El incremento de la evapotranspiración en los meses cálidos de julio y agosto corresponde a la respuesta biológica al estrés por altas temperaturas; probablemente la necesidad de mantener la temperatura de la hierba sea más acusada en los greens debido a su pequeña área foliar que limita su capacidad fotosintética y la sensibiliza al estrés. En los otros meses del año, ET_o representa relativamente bien la evapotranspiración; los meses de abril y octubre, el ligero incremento en el requerimiento de agua en los sustratos, puede ser atribuido al vigoroso crecimiento que presenta esta variedad de estación fría los meses de primavera y otoño en los que se alcanza la temperatura ideal para su crecimiento: entre 22 y 15 °C (Beard, 1973; Huang et al., 1998; Liu y Huang, 2001). Un esquema de desarrollo de la hierba se puede apreciar en la figura 3.53

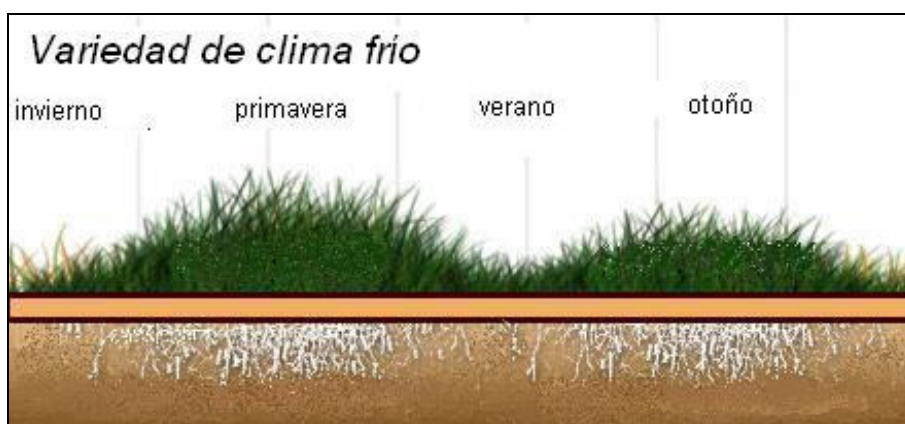


Figura 3.53 Desarrollo característico del césped de clima frío. Fuente: <http://www.american-lawns.com>.

Los valores de K_c para las variedades de estación fría referidos en la bibliografía se han obtenido bajo muy diversas condiciones. No son siempre comparables ya que la evapotranspiración de referencia, la variedad de césped, el sustrato y la altura de corte no son las mismas, pero sobretodo las condiciones de disponibilidad de agua (humedad) bajo las que fueron determinadas distan (en la mayoría de los casos) de las condiciones estándar de la FAO. Los cálculos realizados bajo condiciones de déficit hídrico están posiblemente influenciados por factores biológicos como los mecanismos mediante los que se prepara la hierba para afrontar el estrés hídrico y factores edáficos como la disponibilidad de agua para la planta.

La tabla 3.58 resume los valores de K_c en la bibliografía y las condiciones en que se realizaron las experiencias.

Frente a esta variedad de datos quizá sea la experiencia de Aronson et al. (1987a) la que presenta las condiciones más similares al año 2010 de la presente investigación debido a la total disponibilidad de agua que minimiza el efecto del sustrato. El rango de valores de K_c entre 0,8 y 1,09, sin embargo, es bajo si se compara con los obtenidos en los sustratos de la parcela 2 y 4 con K_c entre 0,81 y 1,45. La razón para esta diferencia puede residir en el menor consumo de agua de las variedades estudiadas por Aronson et al. en 1987 (*Poa*, *Festuca* y *Lolium*) frente a la variedad *Agrostis stolonifera* L93 (Beard, 1994; Huang y Fry, 1999) que presenta mayor capacidad de transpiración como recurso para proteger su metabolismo fotosintético del estrés por altas temperaturas (Liu y Huang, 2001). Otra posible razón es el mantenimiento de la hierba a condiciones de green que, al disminuir el área foliar del césped, obliga a incrementar la evapotranspiración.

Tabla 3.58 Valores de K_c y condiciones en que se determinaron en la bibliografía.

Fuente	Variedad	ET _o	K _c	Altura de corte (cm) / sustrato	Zona análoga del campo de golf	Periodo de determinación	Condición de humedad
FAO (2006)	Clima frío	FAO-Penman-Monteith	0,95	6 a 8 / -	calle	anual	total disponibilidad
Erwin y Koski (1998)	Clima frío	Combinación de Kimberly-Penman	0,5 – 0,8	- / franco arcilloso	calle	-	déficit hídrico
Carrow (1995)	Clima frío	FAO-Penman-Monteith	0,79 – 0,82	- / -	-	jun – oct 1989 may -nov 1990	déficit hídrico – periodos de sequía
Aronson et al. (1987a)	Clima frío	Penman-Monteith	0,88 – 1,09	- / franco limoso	-	jul - sept 84 y 85	total disponibilidad
Meyer et al. (1985)	Clima frío	Penman-Monteith / modificada de Penman	0,61 – 1,04	- / -	calle	valores para cada mes del año	Deficit hídrico
Lodge Baker (1992)	Clima frío	Penman-Monteith	0,65	2,5 – 0,8 / USGA, arena, franco arenoso	Antegreen - green	may - oct 1991	Moderado a considerable descenso de la humedad
LaBlanche (2005)	L-93 y otros	Penman-Monteith	0,85	13 / USGA	calle	jul - sept 03-04	Deficit hídrico
Liu y Huang (2001)	L-93	Atmometer	-	0,4 / USGA	green	may - oct 97-98	No se midió la humedad. Temperatura capilar indicó estrés por altas temperaturas
DaCosta y Huang (2005, 2006)	L-93	Se calculó la evapotranspiración real y se repuso entre el 60 y el 100%, se considera óptima la reposición del 80%		0,95 / franco arenoso	antegreen	jul - nov 02-03	Ligero a moderado descenso en la humedad de los sustratos

Por su parte, en los sustratos con el hidrogel (parcelas 1 y 3) se supera la *EVT* de sus homólogas no enmendadas hasta en 23 % en sustratos con materia orgánica (comparación entre las parcelas 1 y 2) y hasta el 61 % en sustratos 100% arenosos (parcelas 3 y 4). Las figuras 3.54 y 3.55 muestran el incremento en la *EVT* que el hidrogel genera en ambos sustratos en el 2010.

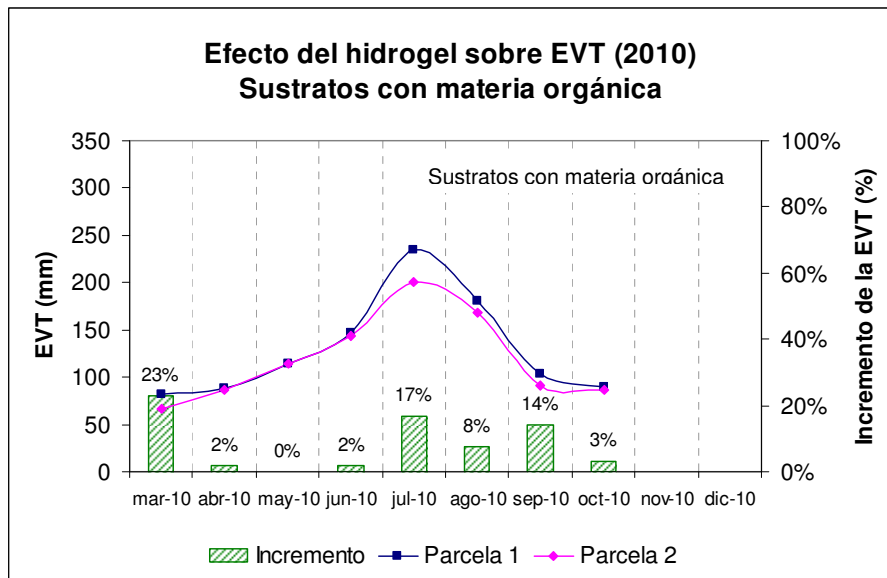


Figura 3.54 Año 2010 - Efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración – Sustratos con materia orgánica

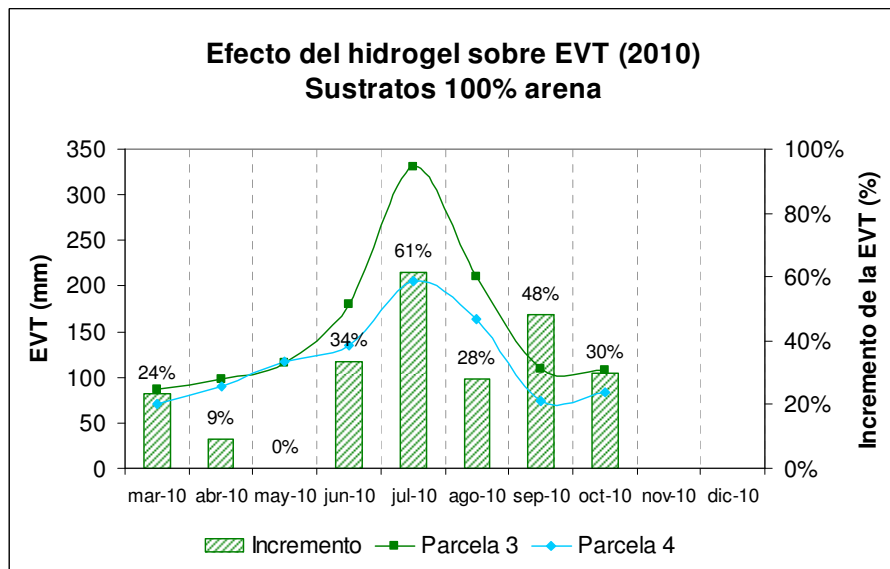


Figura 3.55 Año 2010 - Efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración – Sustrato 100% arena

El incremento moderado de la *EVT* en el sustrato con materia orgánica (hasta el 23%) y considerable en sustrato 100% arenoso (hasta el 61%) se explica por la capacidad del hidrogel de retener agua en la superficie facilitando su evaporación y/o transpiración generando valores de K_c elevados (tabla 3.59).

Cabe mencionar que el incremento del almacenamiento cuando ya existen condiciones de disponibilidad de agua puede llegar a ser más perjudicial para la hierba que la falta de agua, sobretodo en verano. El agua superficial absorbe el calor del sol y lo transfiere a la zona radicular que llega a alcanzar temperaturas de varios grados por encima de la temperatura ambiente, dañando las raíces (Dernoeden, 2006).

Tabla 3.59 K_c para las parcelas 1 y 3

Año	Mes	P1	P3
2010	marzo	1,18	1,26
	abril	1,08	1,20
	mayo	0,94	0,96
	junio	1,13	1,39
	julio	1,66	2,34
	agosto	1,41	1,64
	septiembre	1,14	1,20
	octubre	1,27	1,53
	noviembre		1,40
	diciembre		

Año 2011 – exceso de agua de enero a mayo, restricción de agua de julio a diciembre.

Las pruebas con trazadores para caracterizar el flujo de diciembre de 2010 a mayo de 2011 requirieron un riego frecuente, excesivo para esa época del año que generó una mayor humedad en los sustratos. El incremento en la humedad en los sustratos por riego excesivo ha tenido como consecuencia general un aumento en la evapotranspiración en casi todas las parcelas (tabla 3.60). La posterior restricción en el riego con miras a mantener un nivel de humedad menor que el año 2010 de junio a diciembre, provocó un descenso en la evapotranspiración en todas las parcelas (parcela 1 sin datos); sin embargo, cada sustrato reaccionó de manera distinta al exceso y déficit de agua.

Tabla 3.60 Comparación entre la EVT los años 2010 y 2011. (*) parcelas 1 y 4: de junio a octubre.

Meses	EVT (mm)			
	P1	P2	P3	P4
marzo – mayo 2010	283,1	266,2	300,8	277,3
marzo – mayo 2011	320,5	266,2	352,2	319,7
variación de la EVT	+13 %	0%	+17%	+15%
junio – diciembre 2010	755*	804,1	1104,9	660,6*
junio – diciembre 2011	-	647,1	810,6	539,2*
variación de la EVT	-	-20%	-27%	-23%

La figura 3.36 (reproducida nuevamente aquí) compara el almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011 en la parcela con materia orgánica (parcela 2). Puede verse que de marzo a mayo de 2011 la humedad en el sustrato es mayor que en 2010 mientras que de junio a octubre es

menor. La elevada precipitación (182,25 mm) de noviembre ocasiona que el almacenamiento en 2011 superase al de 2010 en un 5%, mientras que en diciembre el almacenamiento es nuevamente menor que el año anterior. Al comparar la evapotranspiración de ambos años (figura 3.56) el incremento de la humedad en el sustrato no genera un incremento en la evapotranspiración a excepción del mes de abril en que un aumento del 20% en la humedad deriva en un incremento del 16% en la evapotranspiración (no hay más datos para hacer una mejor valoración). La reducción de la humedad de junio a octubre, sin embargo, sí repercute en la disminución de la evapotranspiración en semejante magnitud, menos en el mes de septiembre en que una reducción de la humedad del 23% sólo causa una disminución del 5% en la *EVT*; septiembre parece ser un mes en que la hierba requiere menos agua que en los meses vecinos.

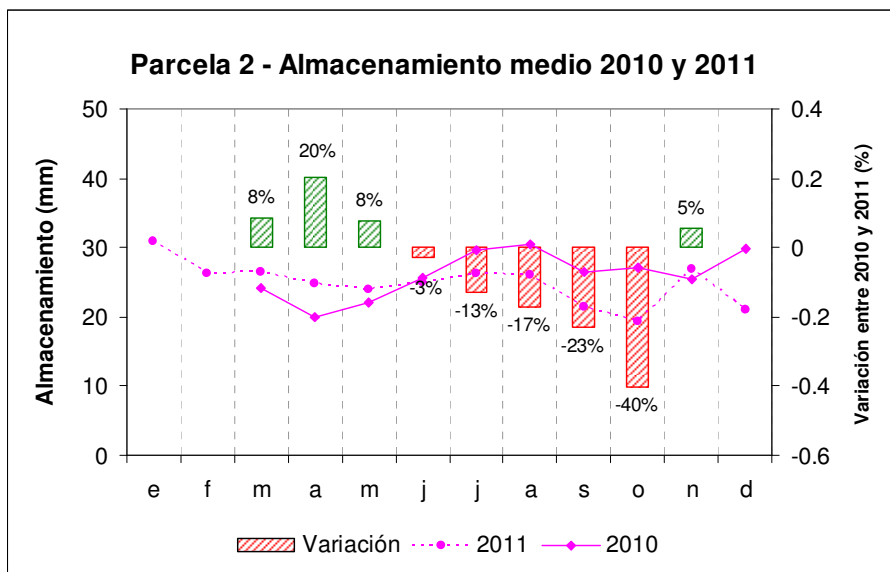


Figura 3.36 Parcela 2 – Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011

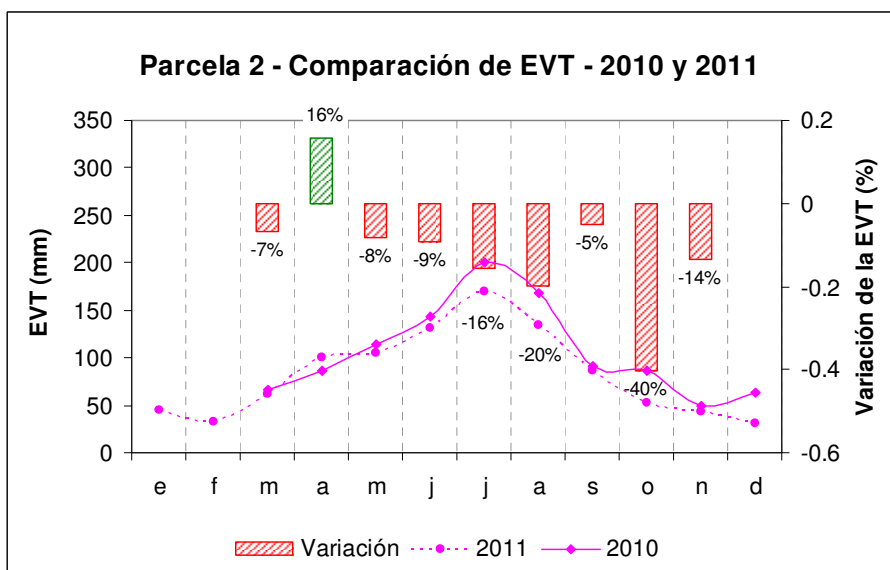


Figura 3.56 Parcela 2 - Comparación de EVT en 2010 y 2011

La figura 3.38 (reproducida nuevamente aquí) compara el almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011 en la parcela 100% arenosa (4). Puede verse que de marzo a junio de 2011 la humedad en el sustrato es mayor que en 2010 mientras que de julio a octubre resulta menor (la comparación se hace en base a los datos disponibles). Entre marzo y junio de 2011 la evapotranspiración en la parcela también se incrementa y de julio a octubre resulta igual o disminuye (figura 3.57).

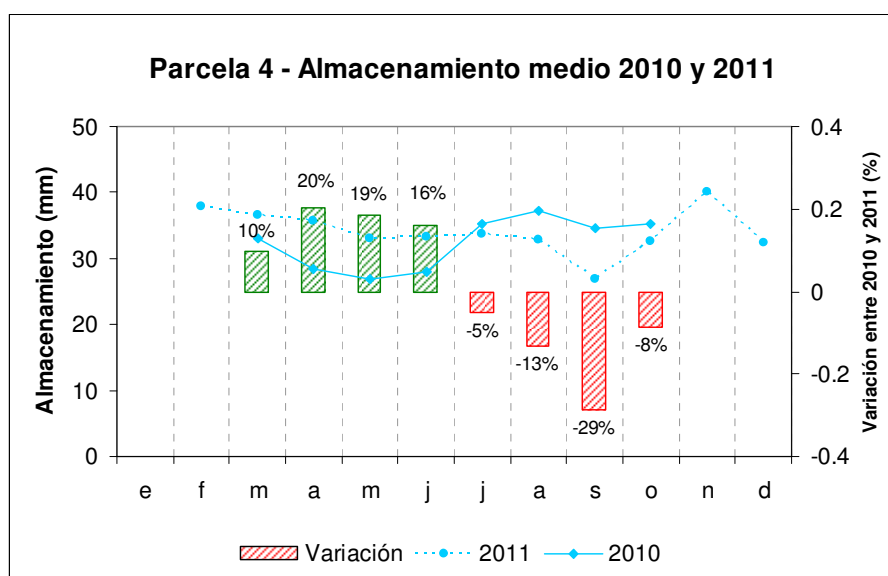


Figura 3.38 Parcela 4 – Comparación del almacenamiento medio mensual de los años 2010 y 2011

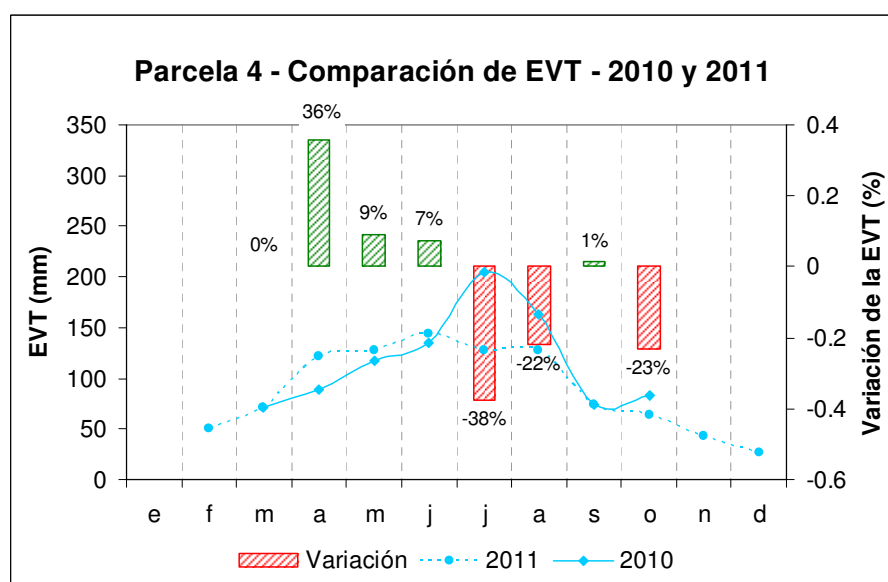


Figura 3.57 Parcela 4 - Comparación de EVT en 2010 y 2011

En este sustrato el incremento de más del 10% en la humedad se traduce en un aumento de la evapotranspiración; asimismo, la reducción de la humedad lleva generalmente a un descenso de la evapotranspiración aunque sin relación en la magnitud: un descenso de 5% del almacenamiento

en julio significa un 38 % de disminución de la evapotranspiración, mientras que en agosto una caída del 13% en el almacenamiento ocasiona un descenso del 23% en *EVT*. En septiembre, una reducción considerable de la humedad en la arena no representa mayor variación en la evapotranspiración mientras que en octubre una disminución de la humedad del 8% causa una disminución del 23% de *EVT*. En este sustrato parece repetirse la observación del comportamiento de la hierba en septiembre.

La evapotranspiración en las parcelas 2 (con materia orgánica) y 4 (100% arena) en los meses con humedad elevada (febrero a junio) y reducida (julio a diciembre) del año 2011 se comparan en la tabla 3.61; la comparación mensual se presenta en la figura 3.58

Tabla 3.61 Evapotranspiración en los sustratos 2 y 4 en los meses de humedad elevada y deficitaria - 2011

2011	EVT (mm)		
	P2	P4	diferencia
febrero a junio	428,4	514,6	-20%
julio a diciembre	516,6	463,4	+10%

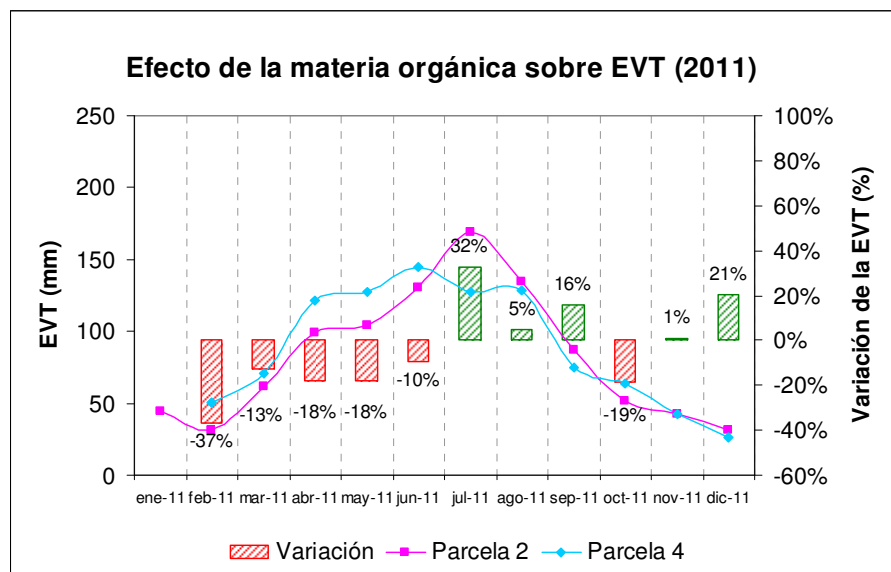


Figura 3.58 Año 2011 - Efecto de la materia orgánica sobre la evapotranspiración

Los primeros 6 meses del año la evapotranspiración en la parcela 4 es mayor que en la parcela 2 debido posiblemente a que el incremento en el almacenamiento con respecto a 2010 es mayor en la parcela 4 que en la 2, o a que el sustrato 100% arenoso reacciona más intensamente al incremento en el almacenamiento porque no retiene el agua como sí lo hace la parcela enmendada con materia orgánica (parcela 2), aunque su efecto no es directamente detectado por los sensores al estar instalados por debajo de la zona rica en materia orgánica.

Ante la restricción de agua los meses de julio a diciembre de 2011, el efecto de la materia orgánica queda de manifiesto pues a mayores descensos en el almacenamiento, la variación en la evapotranspiración con respecto al 2010 (condiciones ideales de humedad) es mucho menor en la parcela con materia orgánica (parcela 2) que en la 100% arenosa (parcela 4). En julio, por ejemplo, un descenso del 5% en el almacenamiento en la parcela 4 ocasiona una disminución del 38% en la evapotranspiración mientras que en la parcela 2 una disminución del 13% en el almacenamiento apenas causa un 16% de disminución en *EVT*. En agosto las proporciones son menores pero aún es notorio que la materia orgánica evita el descenso en la evapotranspiración y con ello el estrés por altas temperaturas. En septiembre, ante un descenso similar en la humedad, la parcela 2 aún muestra mayor evapotranspiración que la parcela 4. El efecto de la materia orgánica no se nota en octubre ya que la humedad en la parcela 2 resulta demasiado baja (40% menor que en 2010) por lo que la evapotranspiración es menor que en la parcela 4 que sólo es un 8% menos húmeda que el año anterior.

El 2010 esta diferencia en el comportamiento de los sustratos (factor edáfico) no se observa pues la condición “estándar” de la FAO de disponibilidad total de agua no permite que quede en evidencia. Sólo bajo circunstancias de déficit de agua queda de manifiesto que cuando la arena se enmienda con materia orgánica se minimiza el descenso de la evapotranspiración, es decir se disminuye el estrés del césped por altas temperaturas.

El efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración en los sustratos con materia orgánica y 100% arenoso puede verse en las figuras 3.59 y 3.60. La parcela 1 sólo cuenta con datos hasta mayo de 2011; sin embargo, a partir del comportamiento observado en 2010 y el de los primeros meses de 2011 se infiere que tendrá el mismo comportamiento que en la parcela 100% arena, aunque, muy probablemente, con distinta magnitud.

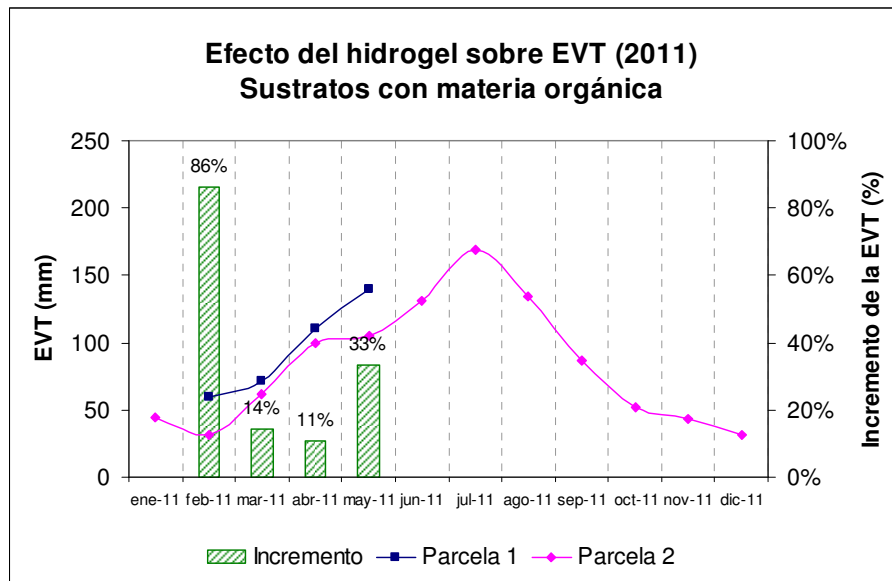


Figura 3.59 Año 2011 - Efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración – sustrato con materia orgánica

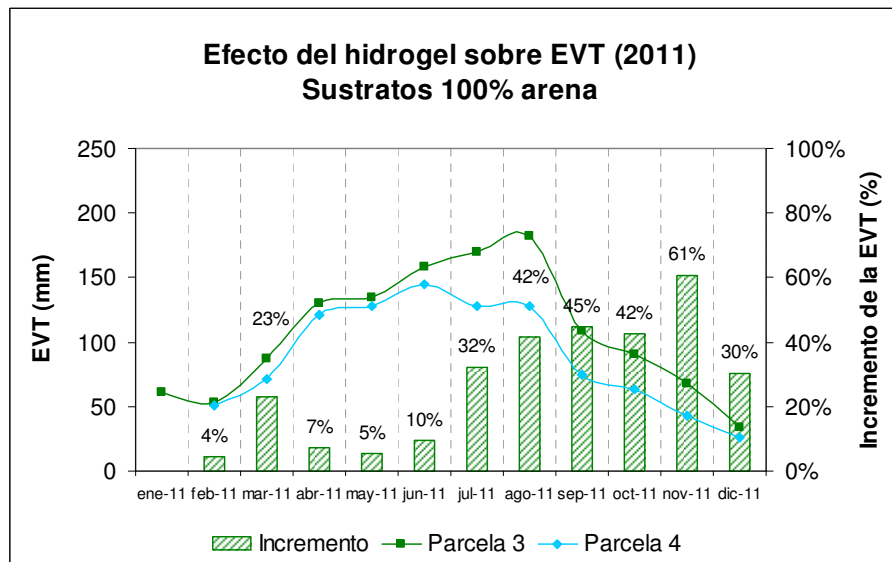
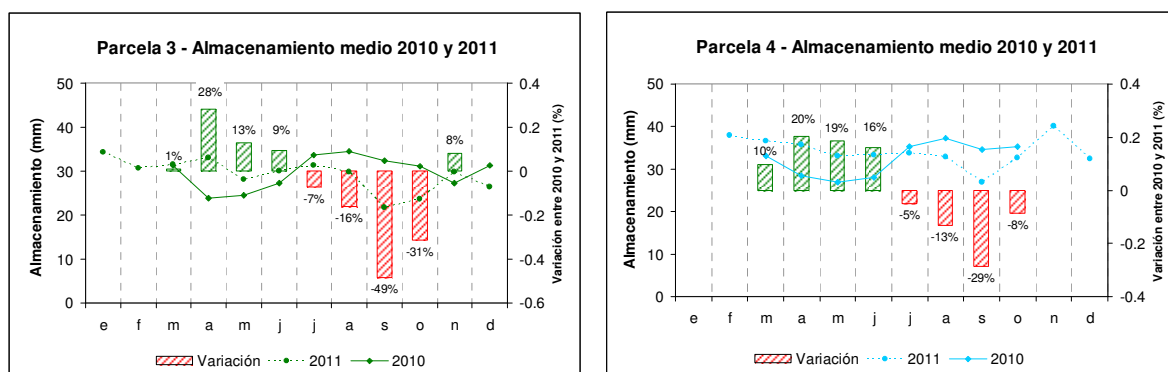


Figura 3.60 Año 2011 - Efecto del hidrogel sobre la evapotranspiración – sustrato 100% arena

Puede verse nuevamente que la enmienda con hidrogel tiene como consecuencia el incremento de *EVT* bajo cualquier condición de humedad del sustrato: excesiva de enero a mayo y deficitaria de julio a diciembre, que resulta beneficiosa cuando la humedad en el suelo es baja (desde julio de 2011). La parcela 3, pese a tener un mayor descenso en el almacenamiento en el verano de 2011 que la parcela 4 (figuras 3.37 y 3.38), muestra una *EVT* cerca del 40% mayor de julio a septiembre, señal de que el hidrogel actúa facilitando el agua a las raíces para ser utilizada por la planta.



Disminución de la humedad el año 2011 respecto del 2010 en las parcelas 3 y 4. Las figuras 3.37 y 3.38 se vuelven a reproducir para realizar la comparación.

Al parecer, más trascendente que la cantidad de agua almacenada es su distribución en el interior del sustrato lo que la hace disponible para la hierba. Que la distribución favorezca su aprovechamiento es especialmente importante en los meses de verano en que el césped se enfrenta al estrés por altas temperaturas. En el capítulo siguiente se profundiza en la distribución del agua en el interior de los sustratos para caracterizar el flujo y establecer un modelo conceptual del mismo.

3.7. Balance final

Los resultados obtenidos en el estudio de balance hídrico se sintetizan en la tabla 3.62 en la que se recogen, para cada parcela, los valores de las entradas, drenaje y evapotranspiración para los años 2010 y 2011.

Tabla 3.62 Balance final - Años 2010 y 2011

	Componente del balance hídrico	Parcela			
		P1	P2	P3	P4
2010	Entradas (mm)	1.652,4	1.994,3	2.081,5	1.913,5
	Salidas (mm)	380,2	795,4	479,1	634,9
	EVT (mm)	1.215,3	1.160,1	1.496,5	1.115,0
2011	Entradas (mm)	1.447,3	1.642,0	1.846,1	1.844,7
	Salidas (mm)	281,0	655,1	532,9	745,5
	EVT (mm)		989,7	1.275,9	1.014,6

Aunque las entradas debidas al riego no coinciden en todas las parcelas, las diferencias en las enmiendas de cada una de ellas influyen de manera determinante en el proceso de evapotranspiración. Así pues, las tasas de evapotranspiración encontradas son las siguientes (tabla 3.63).

Tabla 3.63 Tasa de evapotranspiración – Años 2010 y 2011

<i>Año</i>	<i>Parcela</i>			
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>
2010	74%	58%	72%	58%
2011	-	60%	69%	55%

Por consiguiente, los mayores valores de tasa de evapotranspiración corresponden a las parcelas enmendadas con hidrogel (1 y 3) que incrementan entre 24 y 28% la evapotranspiración con relación a sus homólogas (parcelas 2 y 4) sin el aditivo. La clara disminución del drenaje causada por la adición del hidrogel genera una mayor disponibilidad de agua para el sistema radicular del césped.

La materia orgánica no parece incrementar la tasa de evapotranspiración el año 2010 (parcelas 2 y 4) posiblemente por la condición de disponibilidad total de agua en todos los perfiles; lo consigue, sin embargo, cuando las condiciones de humedad resultan límite de junio a diciembre de 2011.



Capítulo 4 –Redistribución del agua y modelo conceptual del flujo

- 4.1. Marco teórico
- 4.2. Observaciones preliminares
- 4.3. La parcela 4 (100% arenosa)
- 4.4. La parcela 2 (enmienda - materia orgánica)
- 4.5. La parcela 3 (enmienda - hidrogel)
- 4.6. La parcela 1 (doble enmienda - materia orgánica e hidrogel)
- 4.7. Modelo conceptual del flujo

4. Redistribución del agua y modelo conceptual del flujo

4.1. Marco teórico

4.1.1. Parámetros que gobiernan el flujo

Los parámetros que gobiernan el flujo en el seno de un medio poroso dependen tanto del medio como de su relación con el agua que contienen. Al gobernar el flujo del agua, también son responsables del transporte de nutrientes y contaminantes, de la disponibilidad de agua para las plantas, de la temperatura en el suelo y otros procesos. Ellos son:

- La textura del suelo
- La densidad mineral, densidad aparente y porosidad
- La humedad en el suelo
- El potencial del agua en el suelo
- La conductividad hidráulica

4.1.1.1. Textura del suelo

Una característica importante de la que depende el flujo es la textura del sustrato: según el tamaño de las partículas que lo componen se diferencian tres tipos de fracciones: arena, limo y arcilla. La fracción orgánica es ignorada a menos que el contenido de materia orgánica exceda el 20% en suelos arenosos o el 30% en suelos de texturas finas, en cuyo caso el suelo se clasifica como sustrato orgánico; en los otros casos, son denominados sustratos minerales. La tabla 4.1 presenta las fracciones texturales y sus nombres según el Departamento de Agricultura Norteamericano (USDA) y la figura 4.1 presenta el triángulo de texturas para clasificar los sustratos basados en su porcentaje de arena, arcilla y limo. Del conocimiento de la textura de un suelo puede inferirse información acerca de su capacidad de retención de agua y nutrientes, tasa de infiltración y status de aireación para las plantas (Carrow, 1995).

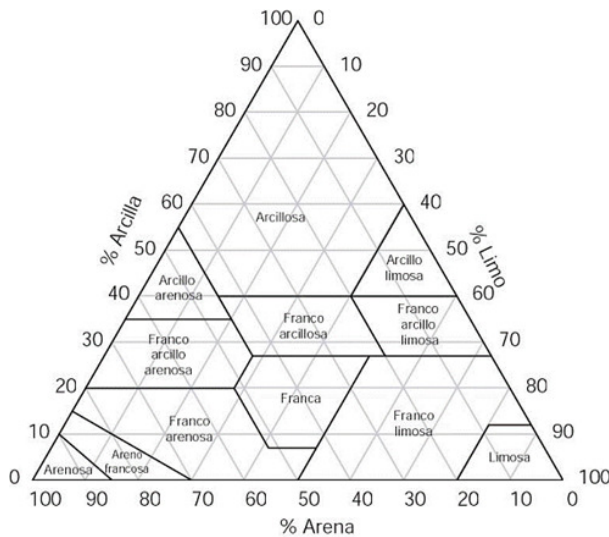


Figura 4.1 Triángulo textural de clasificación del suelo (USDA)

Tabla 4.1 Fracciones texturales – suelos (USDA)

Fracción	Diámetro (mm)
Arena	
Arena muy gruesa	2,00 – 1,00
Arena gruesa	1,00 - 0,50
Arena media	0,50 – 0,25
Arena fina	0,25 – 0,10
Arena muy fina	0,10 – 0,05
Limo	0,05 – 0,002
Arcilla	Menor que 0,002

4.1.1.2. Densidad mineral, densidad aparente y porosidad

La densidad mineral se refiere a la cantidad de masa que hay en una unidad de volumen de un mineral. Sus unidades son $[M/L^3]$.

La densidad de un suelo, llamada densidad aparente (δ_{ap}), se mide en masa por volumen de suelo y refleja el volumen de las partículas de suelo así como de los poros contenidos en él. Los poros son los huecos en el suelo que contienen agua o aire. En general, cuanto más denso es un suelo, más alta es la densidad aparente y menor es la porosidad, aunque influyen factores como la presencia de materia orgánica, metales, etc.

La porosidad total está compuesta por distintos tamaños de poro. Los poros más grandes son importantes para el desarrollo radicular, el movimiento de aire y el flujo del agua y los poros pequeños son los que la retienen.

4.1.1.3. La humedad en el suelo

En el suelo, el agua está contenida en los poros. El contenido de agua (humedad, θ) puede expresarse de dos diferentes maneras, como humedad volumétrica o humedad gravimétrica:

$$\text{Humedad volumétrica: } \theta_v = \frac{V_{\text{agua}}}{V_{\text{suelo}}} \quad (19)$$

$$\text{Humedad gravimétrica: } \theta_g = \frac{m_{\text{agua}}}{m_{\text{suelo seco}}} \quad (20)$$

Ambas están relacionadas por la densidad aparente (δ_{ap}):

$$\theta_g * \delta_{ap} = \theta_v \quad (21)$$

Cuando los poros están totalmente llenos de agua se dice que el suelo está saturado, cuando esto no ocurre el suelo está insaturado. El tipo de flujo en el medio poroso depende parcialmente del grado de humedad.

4.1.1.4. El potencial del agua en el suelo

El agua en el suelo está sometida a diferentes fuerzas que le proporcionan un estado energético, un potencial. El potencial del agua está compuesto por el potencial gravitacional (ψ_z), el potencial osmótico (ψ_s), el potencial de presión (ψ_p) y el potencial matricial o tensión (ψ_m) (figura 4.2)

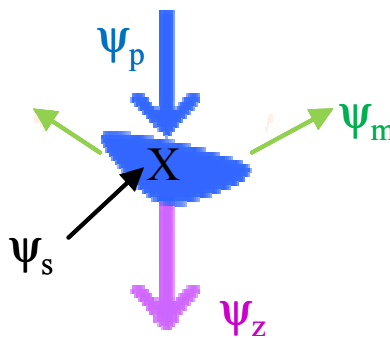


Figura 4.2 Esquema de las fuerzas actuantes sobre el agua en el suelo

$$\psi_{TOT} = \psi_z + \psi_s + (\psi_p + \psi_m) \quad (22)$$

El **potencial gravitacional** ψ_z es la energía potencial del agua ($m*g*z$) debido a su posición (elevación) con relación a un nivel de referencia.

El potencial osmótico ψ_s es el estado energético que aporta al agua su contenido de sales. Como los iones disminuyen la actividad del agua al atraer a su alrededor moléculas de agua, es de signo negativo. Es relevante cuando el agua es muy salina, de otro modo, se puede despreciar.

El **potencial de presión** ψ_p es la parte del potencial del agua en el suelo debida a la diferencia de presión con relación a una presión de referencia. En un medio no saturado, el agua en el interior del suelo está a la presión atmosférica (referencia), por lo que $\psi_p=0$. En un medio saturado ψ_p corresponderá a la presión de la columna de agua que se encuentre sobre el punto estudiado.

El **potencial matricial** ψ_m es el resultado de las fuerzas que actúan sobre el agua cuando se encuentra dentro del suelo y es determinante cuando el suelo no está saturado (en el otro caso es despreciable). Entre estas fuerzas están las fuerzas de interacción agua-suelo (adsorción) y agua-agua (cohesión).

El potencial total del agua en el suelo varía dependiendo de la cantidad de agua que alberga. Cuando el medio está saturado, el potencial total es:

$$\psi_{TOT} = \psi_z + \psi_p \quad (23)$$

Cuando el medio no está saturado el potencial total es:

$$\psi_{TOT} = \psi_z + \psi_m \quad (24)$$

Esta diferencia en el potencial total hace que el flujo sea diferente en cada una de las condiciones.

4.1.2. Tipos de flujo

El agua se mueve en el interior del suelo y las leyes que rigen el flujo dependen de la saturación del medio.

4.1.2.1. Flujo saturado

La *ley de Darcy* (1856) rige el movimiento de agua en un medio poroso saturado y establece que el flujo a través de un medio poroso es proporcional a diferencia de potencial entre dos puntos, a la sección considerada y a la conductividad hidráulica (parámetro que depende del material) según la ecuación:

$$Q = -K * A * \frac{\partial \psi}{\partial z} \quad (25)$$

donde

Q: caudal de agua

A: área de la sección de flujo

K: conductividad hidráulica

$\partial \psi / \partial z$: diferencia de potencial entre dos puntos

La conductividad hidráulica K , definida por Darcy, es la medida de la capacidad del medio poroso para transmitir el agua. Es característica de cada suelo y cuando éste está saturado se denota (K_s).

4.1.2.2. Flujo no saturado

Cuando el medio no está saturado el movimiento del agua obedece a la ecuación de Richards que describe matemáticamente el movimiento del agua en sustratos no saturados o parcialmente saturados. En la dirección z (flujo vertical) la ecuación es la siguiente:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial z} \left(K_z(\theta) \left(\frac{\partial \psi_{TOT}}{\partial z} \right) \right) = -\frac{\partial}{\partial z} \left(K_z(\theta) \left(\frac{\partial (\psi_m + z)}{\partial z} \right) \right) = -\frac{\partial}{\partial z} \left(K_z(\theta) \frac{\partial \psi_m}{\partial z} + K_z(\theta) \right) \quad (26)$$

La ecuación de Richards relaciona la variación de la humedad ($\partial \theta / \partial t$) con el potencial hidráulico del agua en el medio (ψ_{TOT}), que es la suma del potencial matricial ψ_m ($\psi_m \leq 0$) y el potencial gravitacional z , mediante la conductividad hidráulica del medio no saturado $K(\theta)$. La representación gráfica de la relación entre la humedad (θ) y el potencial del agua en el suelo (ψ_m) es una curva característica para cada sustrato, conocida también como curva de retención.

La figura 4.3 muestra un ejemplo de curva de retención para un sustrato arenoso. Puede verse que a potencial = 0, la humedad del sustrato alcanza la saturación mientras que la humedad irreducible θ_r es de 0,05. También se aprecia que en un intervalo de potencial entre 20 y 60 cm la pérdida de humedad del sustrato es casi total.

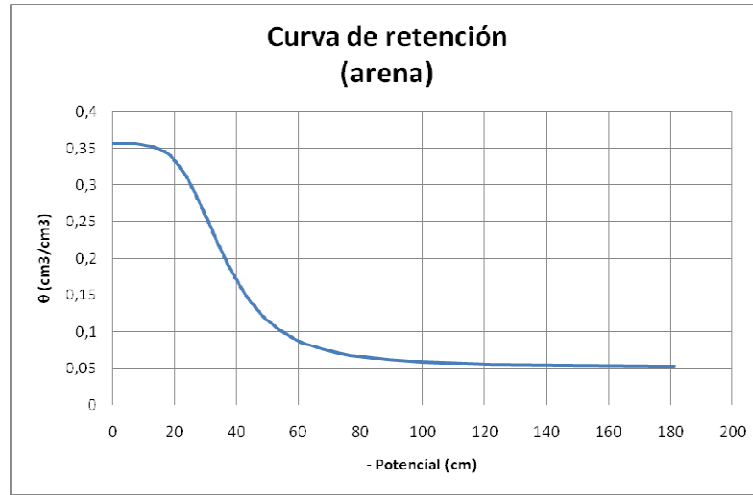


Figura 4.3 Curva de retención de un sustrato arenoso

K varía con la humedad desde 0 (cero) para un suelo seco, hasta alcanzar su máximo cuando el medio está saturado (K_s). K depende de la humedad porque al secarse el suelo pocos poros llenos de agua pueden contribuir al flujo. La reducción de la conductividad hidráulica es dramática debido a una relación exponencial entre el tamaño de los poros y el flujo. La figura 4.4 muestra un ejemplo de la relación de la conductividad con la humedad del sustrato.

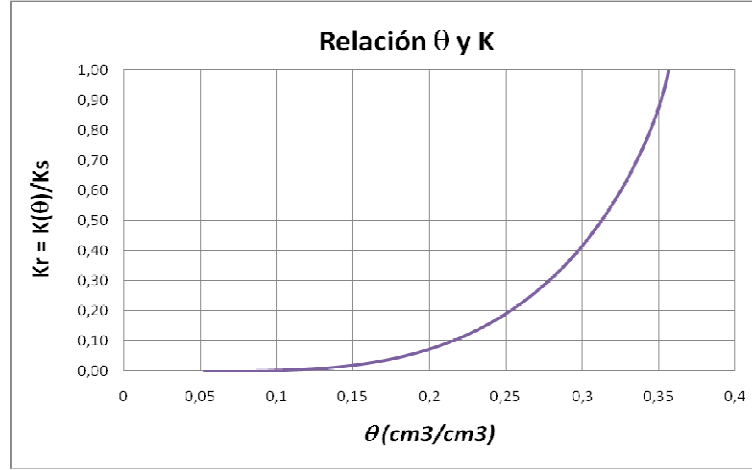


Figura 4.4 Relación entre la conductividad hidráulica relativa $K(\theta)/K_s$ y el contenido de agua θ

La ecuación de flujo no saturado en el eje z (26) puede escribirse también para las direcciones x e y . Al no influir la gravedad en los ejes x e y , ψ_{TOT} corresponde a ψ_m , el potencial matricial en cada dirección.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x(\theta) \left(\frac{\partial \psi_{TOT}}{\partial x} \right) \right) = -\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x(\theta) \left(\frac{\partial \psi_m}{\partial x} \right) \right) \quad (27)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial y} \left(K_y(\theta) \left(\frac{\partial \psi_{TOT}}{\partial y} \right) \right) = -\frac{\partial}{\partial y} \left(K_y(\theta) \left(\frac{\partial \psi_m}{\partial y} \right) \right) \quad (28)$$

Al sumar los movimientos en los tres ejes obtenemos la ecuación de Richards en las tres direcciones:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\left(\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x(\theta) \left(\frac{\partial \psi_m}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y(\theta) \left(\frac{\partial \psi_m}{\partial y} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z(\theta) \left(\frac{\partial \psi_m + z}{\partial z} \right) \right) \right) \quad (29)$$

Considerando que ψ_m depende de la humedad entonces:

$$-K_x(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial x} = -K_x(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial \theta} * \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad (30)$$

Definiendo como difusividad “ D ” el producto de la conductividad hidráulica por la relación entre el potencial y la humedad del medio ($D(\theta) = K(\theta) * d\psi/d\theta$), la ecuación 30 se puede expresar como:

$$-K_x(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial \theta} * \frac{\partial \theta}{\partial x} = D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad (31)$$

Introduciendo esta equivalencia en la ecuación (29) se obtiene la ecuación general del flujo no saturado:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = D(\theta) \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} = D(\theta) \nabla^2 \theta + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} \quad (32)$$

4.1.3. Características del flujo no saturado

La presencia de agua en el suelo es el resultado de los procesos de infiltración y redistribución del agua en su interior. La infiltración designa el proceso de entrada, generalmente vertical, de agua a través de la superficie del suelo, lo que constituye la primera etapa del movimiento del agua en el suelo. En un suelo homogéneo se produce entonces una redistribución del agua en el interior del suelo hasta que las fuerzas que interactúan sobre el agua se equiparan; el movimiento o flujo del agua se da como resultado de las características del suelo y del balance de fuerzas que actúan sobre el agua una vez dentro de la matriz (Porta et al., 1999):

- Cuando el suelo se encuentra seco o poco húmedo el agua que ingresa se *distribuye* por sus poros por acción de la gravedad y su interacción con el suelo, humectándolo. En este proceso el agua reparte su masa inicial hasta que el potencial matricial (ψ_m) se equipara con la gravedad y el recorrido del agua se detiene (figura 4.5).

En estas circunstancias el potencial de la matriz tiene gran protagonismo en el flujo, ya que $\partial \psi_m / \partial z$ en la ecuación de Richards (26) es un término importante.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z(\theta) \left(\frac{\partial \psi_m}{\partial z} + K_z(\theta) \right) \right)$$

Es significativo

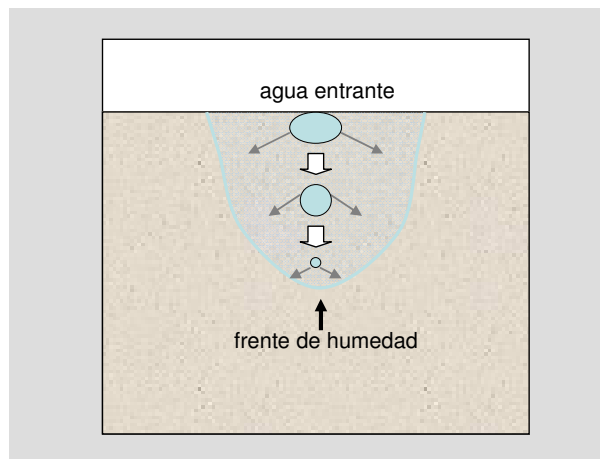


Figura 4.5 Avance del frente de humedad cuando el suelo está seco

- A medida que aumenta la humedad en el suelo, el agua que ingresa al suelo se apila sobre el agua contenida sin rebasarla, empujándola hacia abajo (figura 4.6). El frente de humedad lo compone el agua almacenada que es empujada por el agua entrante,

provocando un efecto *pistón* (Zimmermann et al., 1967; Miyazaki et al., 1993; Sukhija et al., 2003).

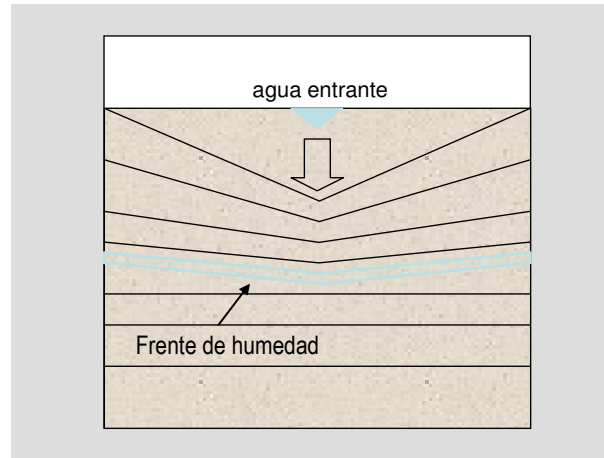


Figura 4.6 Esquema de flujo pistón

En estas circunstancias el potencial matricial (ψ_m) disminuye su magnitud y su valor tiende a cero a medida que el suelo se aproxima a la saturación. Al disminuir la magnitud del primer término de la ecuación de Richards, el flujo se rige por la conductividad hidráulica que a su vez depende de la humedad (figura 4.7)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial z} \left(K_z(\theta) \frac{\partial \psi_m}{\partial z} + K_z(\theta) \right)$$

Su valor tiende a cero (0), cuando se aproxima a la saturación.

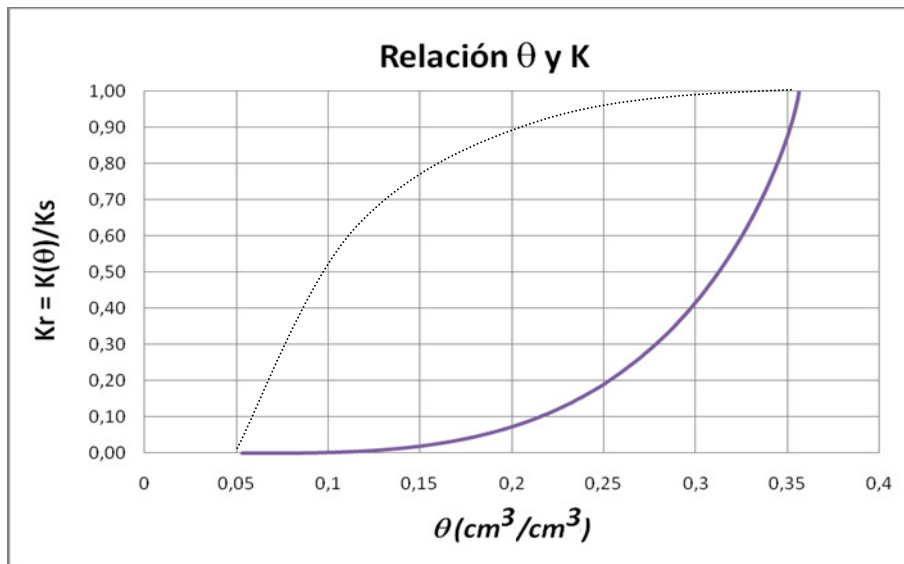


Figura 4.7 Relación entre la humedad volumétrica (θ) y la conductividad hidráulica (K)

En condiciones de campo, por lo general, los suelos tienen diferentes niveles de humedad por lo que se pueden encontrar tanto el flujo “redistributivo” como el flujo “*pistón*”. La intensidad y la duración de los flujos son las que determinan la capacidad de retención de agua a disposición de

las plantas en un suelo, en un instante y a una profundidad determinada, es decir, el almacenamiento de agua en cada momento (Nielsen et al., 1972; Porta et al., 1999).

Cuando los suelos son homogéneos y sin fracturas, como los sustratos de la presente investigación, se asume que el frente de humedad es uniforme cuando la entrada también lo es (figura 4.8).

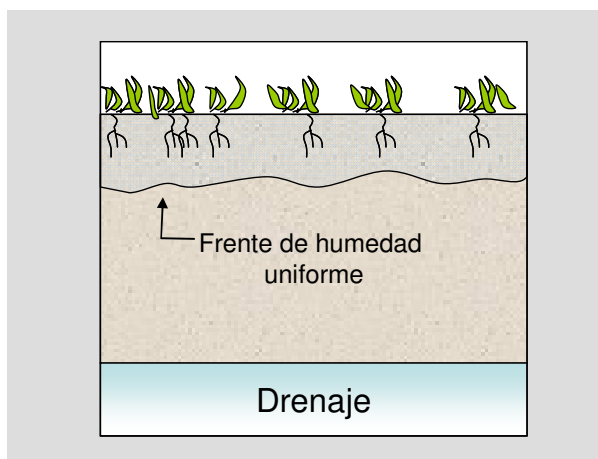


Figura 4.8 Frente de humedad uniforme

Bajo ciertas condiciones, sin embargo, el frente de humedad puede tomar una forma irregular semejante a los dedos de las manos generando vías de flujo preferencial o “*fingers*” (figura 4.9) por donde el agua transita rápidamente transportando solutos y/o contaminantes rápidamente hacia la zona saturada (drenaje en este caso); el flujo en este caso no necesariamente cumple la ecuación de Richards.

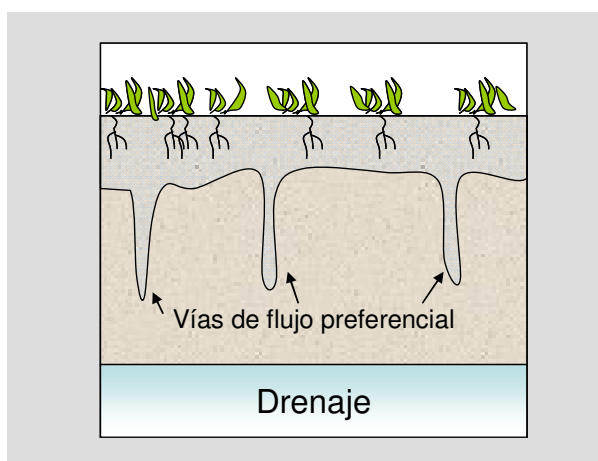


Figura 4.9 Frente de humedad con vías de flujo preferencial.

El flujo preferencial, estudiado por Dekker y Ritsema (1994, 2000), Bauters et al. (1998, 2000a,b), Van den Bosch et al. (1999), Ritsema et al. (2001), Nektarios et al. (2007), Oostindie et al. (2009), entre otros, se presenta cuando la humedad del sustrato desciende hasta un valor límite (θ_{lim}) a partir del cual los compuestos orgánicos en el suelo forman una película alrededor de los

granos de arena, tornándolos repelentes al agua. Debido a los objetivos de riego de los años 2010 y 2011 en los que se buscó mantener la calidad de la hierba en un suelo adecuadamente húmedo, no se espera encontrar evidencias de flujo preferencial.

El movimiento del agua también es responsable del transporte de solutos. Algunos de ellos – los trazadores – son introducidos para caracterizar el tipo de flujo en los sustratos. Los trazadores utilizados en la investigación hidrológica son variados. Flury y Wai (2003) resumen en su artículo los colorantes utilizados para caracterizar el flujo en la zona no saturada; Vanderborght et al. (2002) y Nektarios et al. (2007) también los usan en sus investigaciones. Otros autores utilizan iones como el bromuro o el cloruro, o el isótopo tritio (Van den Bosch et al., 1999; Vanderborght et al., 2002; Sukhija et al., 2003; Öhrström et al., 2004).

En el presente estudio se caracteriza el flujo en los sustratos del green experimental gracias a la presencia de los sensores que determinan la variación de la humedad a distinta altura del perfil y al uso del trazador fluoresceína (colorante).

4.2. Observaciones preliminares

La figura 4.10 muestra la variación de la humedad a 12 y 24 cm entre el 22 de septiembre y el 22 de octubre de 2010 en la parcela 4 (100% arena). En ella se aprecia que el agua se distribuye en el interior del sustrato generando una zona superficial de baja humedad (línea azul en la figura 4.10) y una zona inferior de alta humedad (línea fucsia), lo que coincide con las observaciones de Taylor et al., 1994; Bigelow et al., 2001; Waltz et al., 2003; McCoy et al., 2007, 2009, sobre el perfil de humedad de los greenes.

Esta condición de aumento de la humedad con la profundidad se genera en la zona profunda del perfil donde los sustratos limitan con las gravas y el drenaje, abiertos a la presión atmosférica. El agua debe formar una zona apreciablemente saturada en la propia arena, de manera que genere el potencial suficiente que le permita abandonar el perfil hacia el drenaje (Stormont y Anderson, 1999; Abdou y Flury, 2004), modificando el flujo en la zona inferior del perfil, por lo que su comportamiento difiere de la zona superficial.

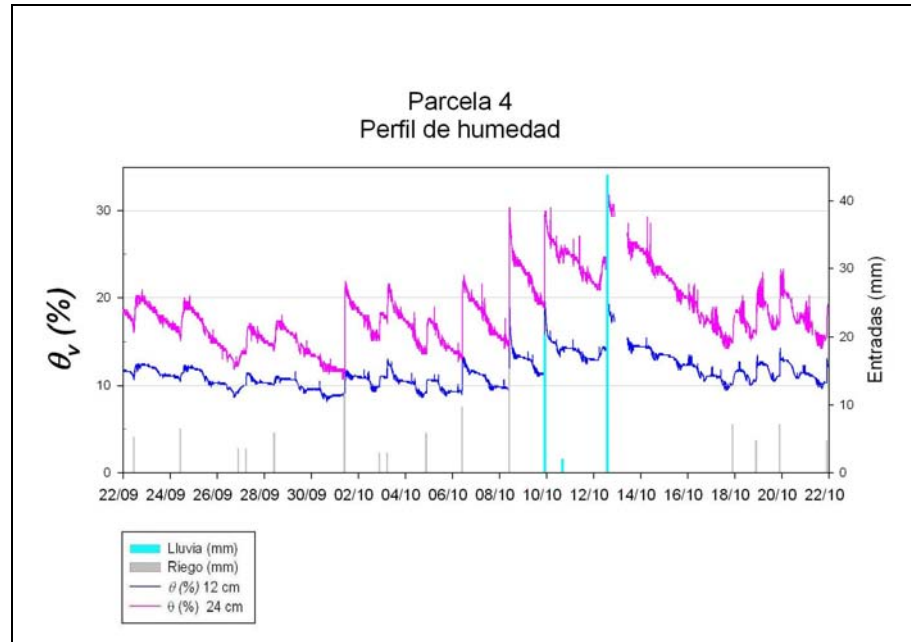


Figura 4.10 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en la parcela 4 (22/09/10 al 22/10/10)

Las parcelas 1, 2 y 3 muestran el mismo patrón de distribución de la humedad que en la parcela 4, pero los niveles de humedad son diferentes. Las figuras 4.11 y 4.12 comparan la humedad de todas las parcelas a 12 y 24 cm de profundidad, respectivamente, del 22 de septiembre al 22 de octubre del año 2010. Aunque las figuras sólo muestran el comportamiento de un mes, la relación de la humedad en las parcelas es la misma durante todo el año.

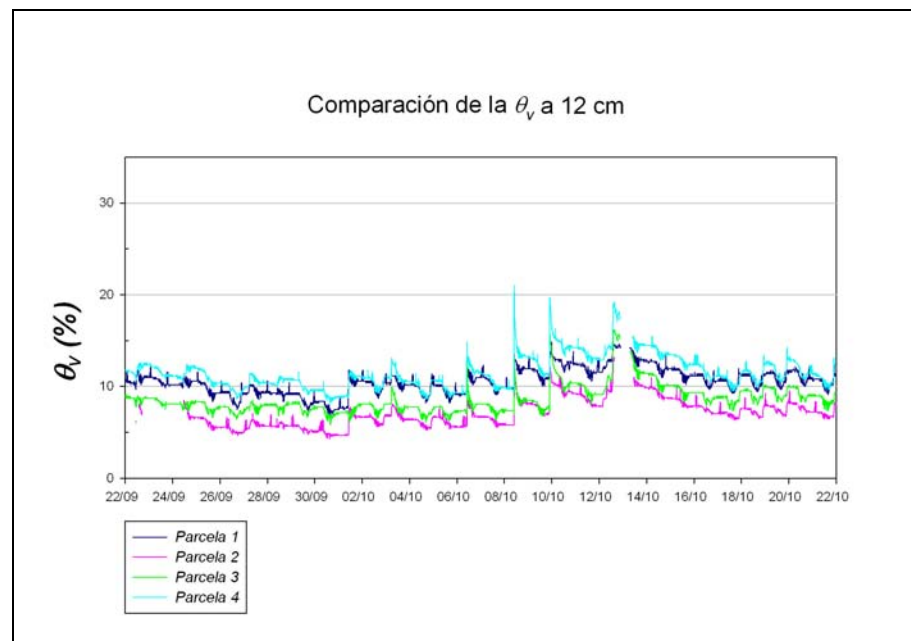


Figura 4.11 Comparación de la variación de la humedad a 12 cm

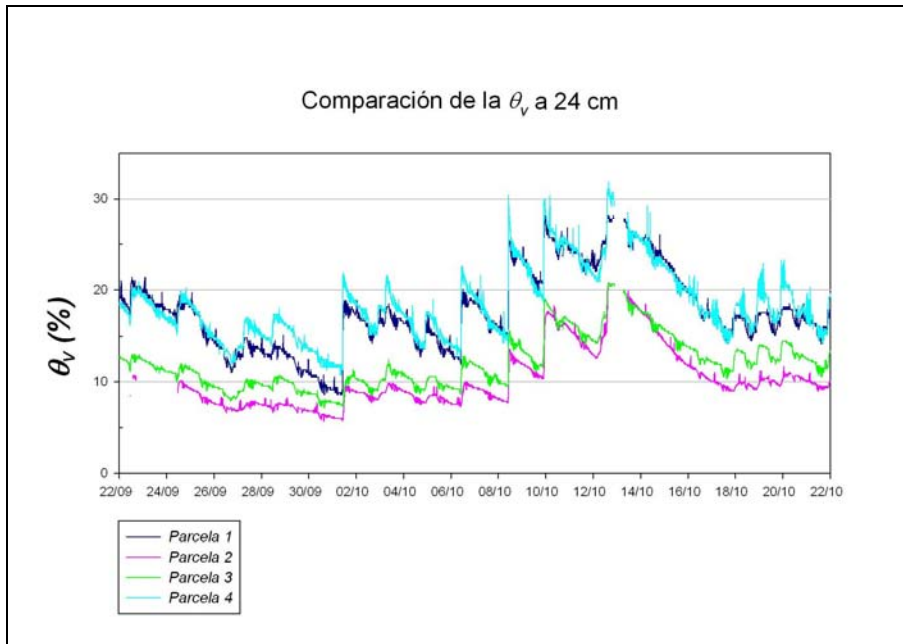


Figura 4.12 Comparación de la variación de la humedad a 24 cm

Tomando como referencia la parcela no enmendada (parcela 4 – línea celeste en las gráficas), sólo la parcela 1, doblemente enmendada, muestra niveles de humedad semejantes que las parcelas 2 y 3 acusan menor contenido de agua a 12 y 24 cm. A 12 cm, la menor humedad puede deberse a la presencia de las enmiendas en los primeros 10 cm del sustrato mientras que la humedad a 24 cm responde a la reducida cantidad de agua que se internaría en el perfil. El análisis de la velocidad del frente de humedad entre los sensores a 12 y 24 cm en las parcelas profundiza en esta observación preliminar.

Otra observación preliminar concierne al contenido de agua a 12 y 24 cm. La proporción entre estos valores da una idea de cómo se reparte el agua en el perfil ante riegos de distinta intensidad que son presentados en las figuras 4.13 a 4.16 como puntos azules (riegos ≤ 5 mm), rojos (riegos entre 5,5 y 10 mm) y verdes (≥ 10 mm).

En la parcela 100% arenosa (parcela 4) la proporción entre la humedad a 12 y 24 cm es 0,58 en 2010 y 0,35 en 2011; es decir, la humedad a 12 cm sólo representa el 58% de la humedad que hay a 24 cm en 2010 mientras que sólo alcanza el 35% en el año 2011. Se atribuye esta diferencia a los distintos regímenes de riego mantenidos en los años 2010 y 2011. El año 2010, orientado a mantener una calidad óptima de hierba, contó con riegos de baja o media intensidad mientras que en 2011, cuando el riego fue más intenso (media a alta intensidad) pero menos frecuente y la calidad del césped se mantuvo al límite, la mayor proporción de agua se encontró en la zona profunda, esta distribución del agua puede impulsar a las raíces a profundizar en el sustrato para mejorar las posibilidades de absorción.

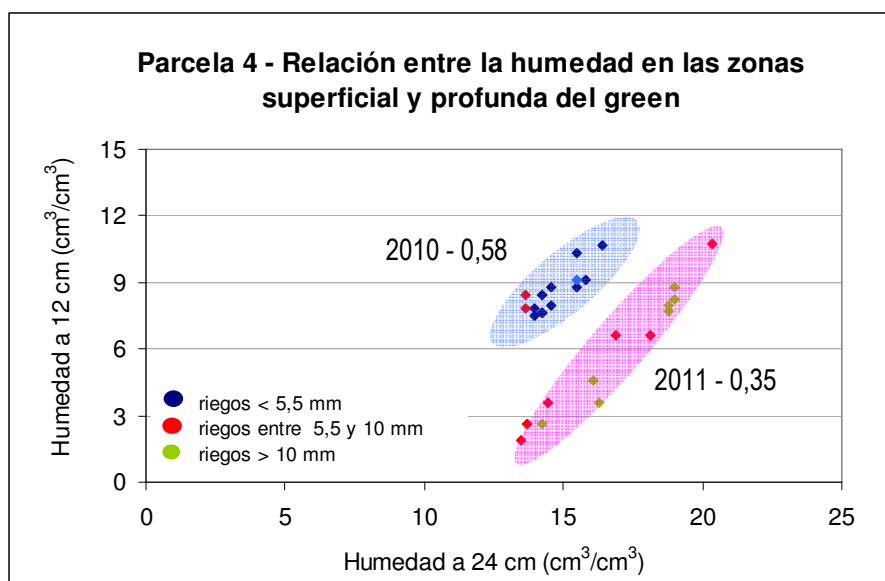


Figura 4.13 Parcela 4 - Relación entre la humedad a 12 y 24 cm de profundidad

En la parcela enmendada con hidrogel (parcela 3) la relación entre la humedad superficial y profunda (figura 4.14) durante el año 2010 es similar a la parcela 4 (0,54) pero mejora notoriamente en 2011 en que se realizaron riegos más intensos aunque menos frecuentes (0,74); se atribuye este comportamiento a que el hidrogel parece mejorar la retención de agua cuando los riegos son intensos.

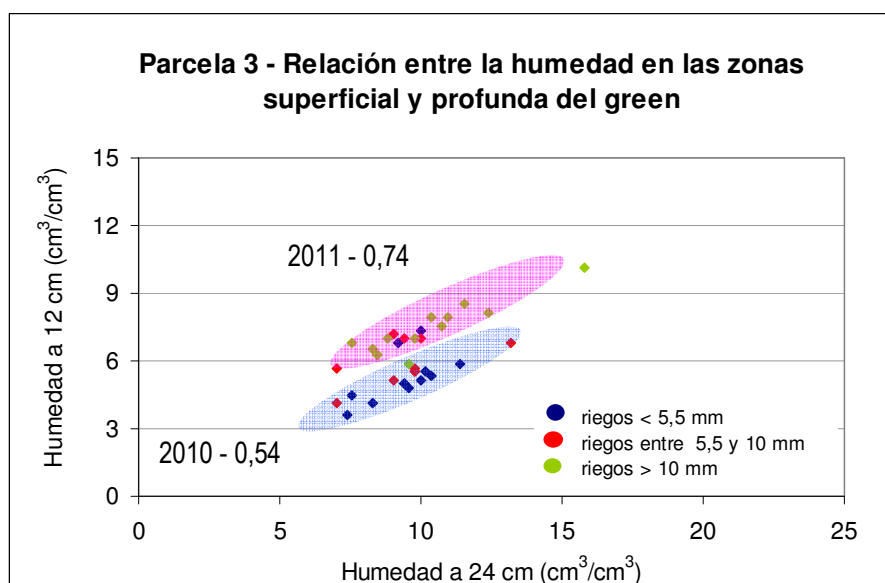


Figura 4.14 Parcela 3 - Relación entre la humedad a 12 y 24 cm de profundidad

En la parcela con materia orgánica (parcela 2), la relación entre la humedad superficial y profunda se mantiene casi constante en 0,65 (figura 4.15) independientemente de los objetivos del riego de los años 2010 y 2011. Este efecto, que parece corresponder a la materia orgánica presente en la

zona superficial de las parcelas enmendadas, se incrementa ligeramente por la presencia del hidrogel, como sucede en la parcela 1 en la que la proporción es 0,68 (figura 4.16).

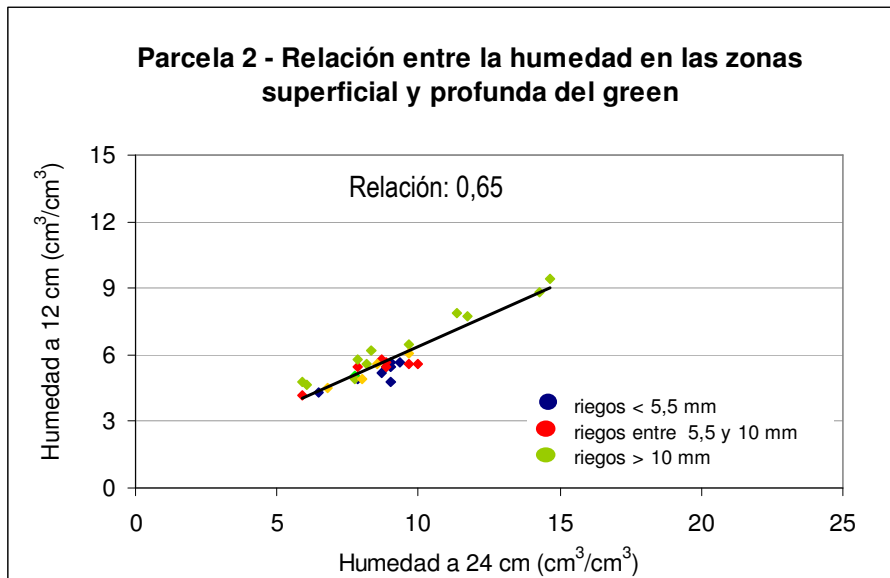


Figura 4.15 Parcela 2 - Relación entre la humedad a 12 y 24 cm de profundidad

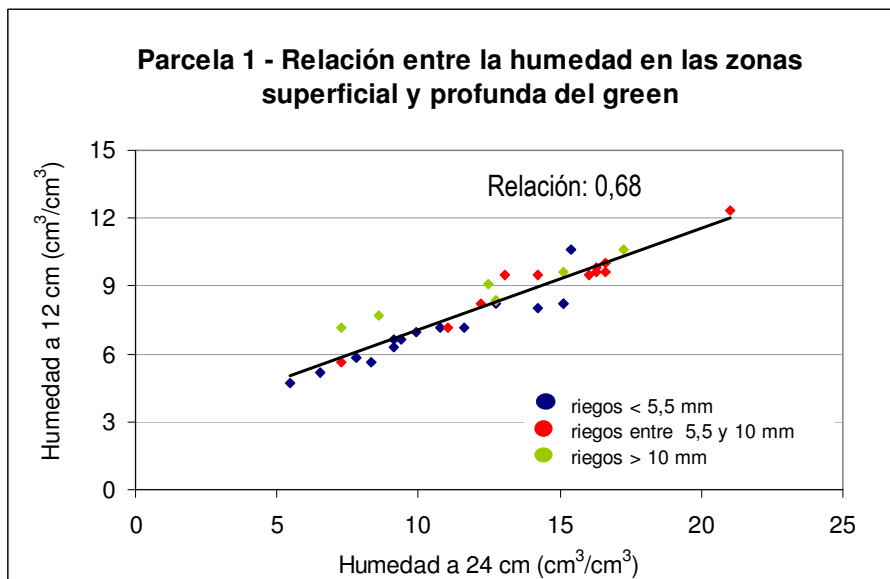


Figura 4.16 Parcela 1 - Relación entre la humedad a 12 y 24 cm de profundidad

La distinta distribución del agua en las parcelas puede generar distintos patrones de flujo en las parcelas, por lo que se analiza a continuación lo que sucede en cada una de ellas.

4.3. La parcela 4 (100% arenosa)

La figura 4.17 presenta un esquema de la distribución del agua en el interior del sustrato arenoso. La zona más clara del perfil corresponde a la zona de baja humedad mientras que la zona más oscura corresponde a la zona más húmeda. Los puntos 1, 2 y 3 están referidos a las profundidades 12, 24 y 30 cm respectivamente. La flecha simboliza el agua que se almacena en la zona profunda del perfil hasta alcanzar el potencial suficiente para abandonar el perfil hacia el drenaje, “ h ”.

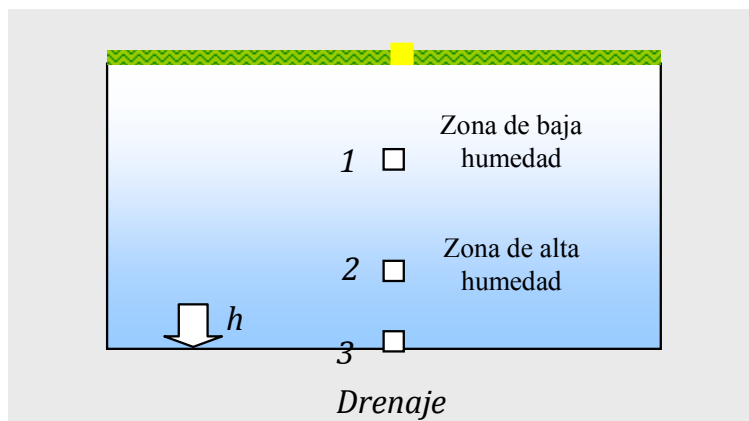


Figura 4.17 Esquema de la distribución del agua en el perfil del sustrato – parcela 4

El avance del frente de humedad detectado por los sensores permite caracterizar el flujo de agua en el perfil del sustrato. Para ello – a partir de los datos de los sensores- se ha determinado la velocidad con que el frente de humedad recorre la distancia desde la superficie hasta el sensor a 12 y del sensor a 12 cm hasta el sensor a 24 cm y su relación con la humedad inicial. Los datos correspondientes a este análisis se presentan en el anexo C.

Relación con la humedad inicial

Las figuras 4.18 y 4.19 presentan la relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente de humedad entre 0 y 12 cm y entre 12 y 24 cm. Los puntos azules corresponden a entradas menores o iguales a 5,5 mm, los rojos corresponden a entradas entre 5,5 y 10 mm y los verdes a entradas mayores que 10 mm. Algunos puntos han sido resaltados pues presentan un patrón de comportamiento distinto de la mayoría que se trata más adelante.

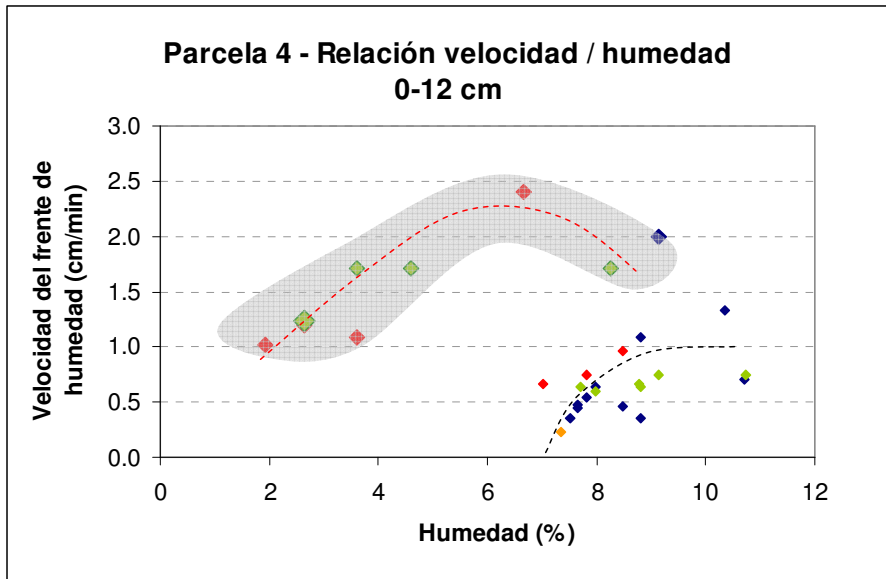


Figura 4.18 Parcela 4 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm.

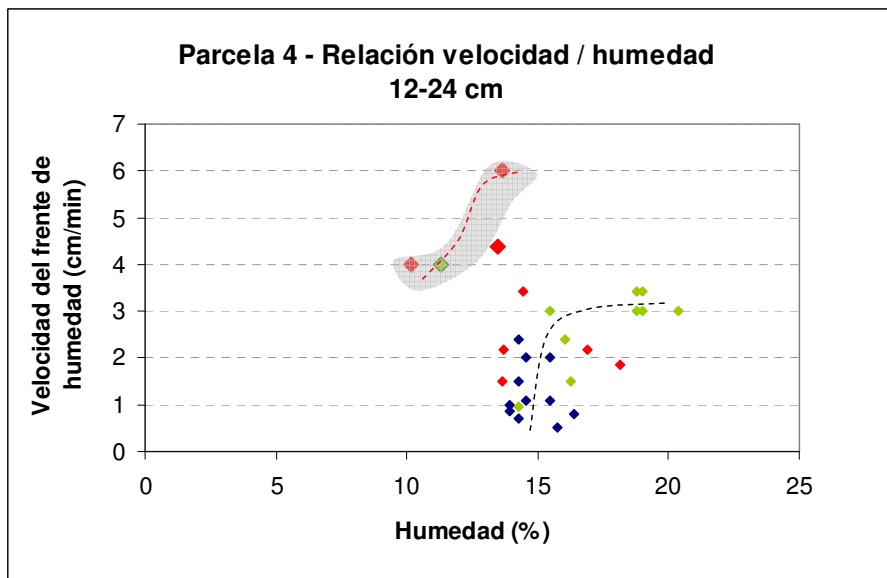


Figura 4.19 Parcela 4 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

Se aprecia inicialmente que el frente de humedad recorre los primeros 12 cm del perfil de la parcela arenosa a una velocidad máxima de 2,5 cm/min mientras que para recorrer los 12 cm que separan los sensores, la velocidad puede superar los 6 cm/min. El mayor contenido de humedad inicial entre 12 y 24 cm es probablemente responsable del aumento en la velocidad ya que facilita el flujo del agua.

En ambos tramos del perfil (0 a 12 cm y 12 a 24 cm) se encuentran eventos de elevada velocidad del frente que se presentan a niveles bajos de humedad inicial. En estos casos la velocidad se incrementa a medida que se incrementa la humedad y luego disminuye, aunque esta disminución no se puede ver en el tramo de 12 a 24 cm (línea roja en las figuras 4.18 y 4.19). Estos eventos corresponden posiblemente al flujo preferencial (*fingering flow*) que se presenta en los sustratos

homogéneos como la arena cuando el nivel de humedad inicial es bajo, cercano a θ_r , (Babel et al., 1995; Nieber et al., 2005), la conductividad hidráulica aumenta con la profundidad o hay presencia de materia orgánica (Dekker y Ritsema, 2000). El comportamiento del flujo preferencial con respecto a la humedad inicial ha sido estudiado y descrito por Liu et al. (1994 a, 1994b), Babel et al. (1995), DiCarlo et al. (1999), Bauters et al., (2000a, 2000b), Dekker y Ritsema (2000) y modelizado por Kramers et al. (2005) y Cueto-Felgueroso y Juanes (2009), entre otros. En estos estudios se ha determinado que las vías de flujo preferencial (*fingers*) tienden a ensancharse a medida que la humedad inicial del sustrato se incrementa hasta que alcanzan a formar un frente uniforme cuyo desplazamiento es descrito por la ecuación de Richards.

En las figuras 4.18 y 4.19 se encuentran el flujo preferencial (resaltado) y el flujo insaturado de frente uniforme “de Richards”, presentes en condiciones de campo aunque en distinta proporción. El flujo preferencial muestra mayor número de casos entre 0 y 12 cm que entre 12 y 24 cm, ya que en esta zona superficial se alcanzan los menores niveles de humedad. En las presentes condiciones de campo, el flujo preferencial se presenta aún cuando la humedad inicial es mayor que la humedad residual θ_r del sustrato, lo que inclina a pensar que la arena genera cierta repelencia en el green.

Cuando el frente de humedad es uniforme, la relación entre la humedad y la velocidad del frente de humedad es similar a la que muestran la humedad y conductividad hidráulica no saturada (figura 4.4) tendiendo a un valor constante cuando la humedad es elevada, distinto según el tramo: entre 0 y 12 cm el valor se aproxima a 1 cm/min mientras que entre 12 y 24 cm, el valor tiende a 3 cm/min.

El flujo predominante en ambos tramos corresponde al de un frente uniforme “de Richards”, que muestra distinta velocidad según la zona: aproximadamente 1 cm/min entre 0 y 12 cm y 3 cm/min entre 12 y 24 cm.

Relación con la intensidad de la entrada

Las entradas analizadas corresponden a los riegos. Con un caudal alrededor de 0,5 mm/min en todas las parcelas, las entradas de similar intensidad se producen en similar espacio de tiempo por lo que se considera que pueden ser comparadas.

La cantidad de agua que ingresa en el perfil puede ser responsable del avance del frente de humedad cuando la humedad en el sustrato es reducida y de la intensidad del flujo pistón cuando la humedad del sustrato es elevada:

- Cuando la entrada es poco intensa y la humedad en la zona superficial es reducida (potencial de la matriz es elevado) el agua puede quedar retenida en la zona superficial desde donde se aprovecha por las plantas o se evapora. Como ejemplo, la figura 4.20 muestra la variación de la humedad después de una entrada de 2,48 mm el 4/4/2010. El sensor a 12 cm de profundidad apenas nota un incremento en la humedad (2 %) 23,5 minutos después de iniciado el riego, y a 24 cm de profundidad la humedad no varía y tampoco genera drenaje por lo que se entiende que el agua queda retenida en la zona superficial del perfil. La tabla 4.2 resume los datos de esta entrada.

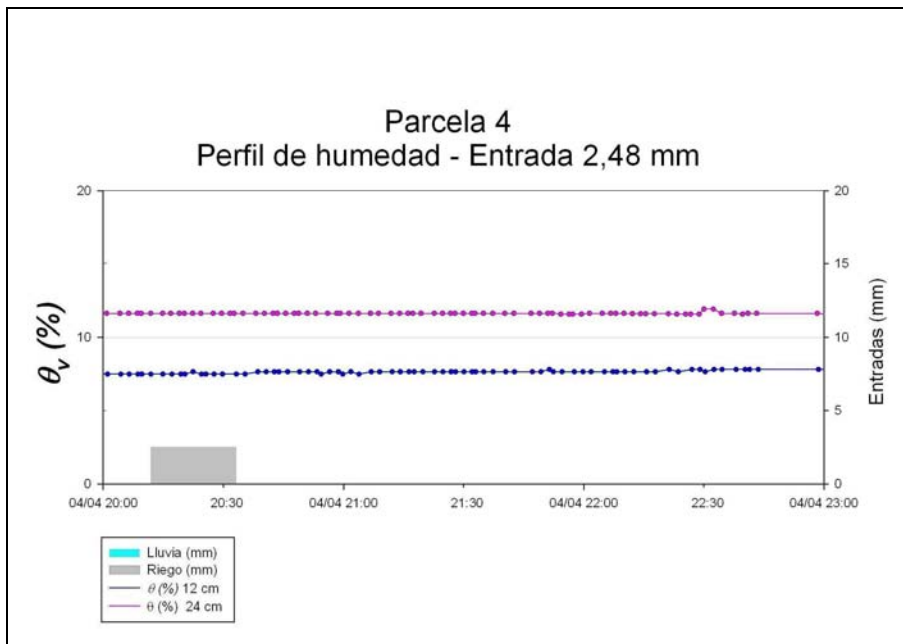


Figura 4.20 Parcela 4 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 2,48 mm

Tabla 4.2 Parcela 4 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 2,48 mm

Profundidad	Detección del incremento de la humedad (minutos después de iniciado el riego)	θ inicial (%)	θ máxima (%)	Incremento de la humedad (%)
12 cm	23,5	7,50	7,66	2,13
24 cm	No llega	11,60	11,60	-

- Ante una entrada de mayor intensidad, por ejemplo la entrada de 6,06 mm, el 06/04/10 a las 09:55 h, la llegada del frente de humedad es notoria en ambos sensores a pesar de que la humedad inicial es menor que en el caso anterior (figura 4.21). El frente de humedad alcanza el sensor a 12 cm 52 minutos después de iniciado el riego, 20 minutos después que en el caso anterior, probablemente como consecuencia del nivel de humedad inicial. La detección del frente de humedad sólo 3 minutos después por el sensor a 24 cm

corresponde a uno de los casos de flujo preferencial en el tramo 12 a 24 cm destacado en la figura 4.19. La tabla 4.3 resume los datos de esta entrada.

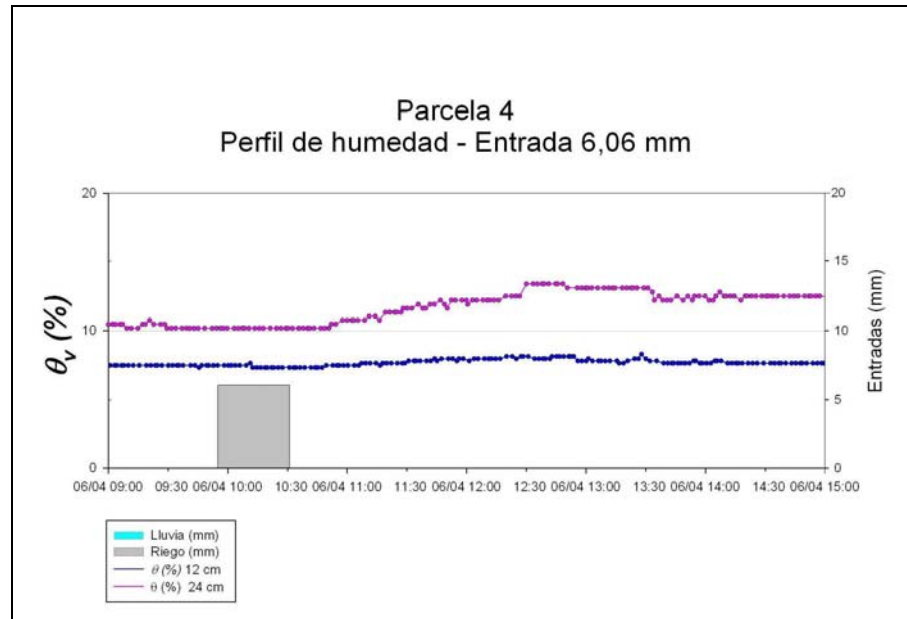


Figura 4.21 Parcela 4 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 6,06 mm

Tabla 4.3 Parcela 4 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 6,06 mm

Profundidad	Detección del incremento de la humedad (minutos después de iniciado el riego)	θ inicial (%)	θ máxima (%)	Incremento de la humedad (%)
12 cm	52	7,34	8,15	10,9
24 cm	55	10,18	13,36	31,2

Los riegos de baja intensidad que no generaron drenaje fueron poco comunes en 2010 y 2011 en la parcela arenosa; en general los riegos fueron suficientemente intensos para superar el potencial superficial e internar el agua en este sustrato.

La relación general entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente de humedad (figuras 4.22 y 4.23) resulta más clara al resaltar nuevamente los puntos considerados como flujo preferencial en las figuras 4.18 y 4.19: en ambos niveles, 0-12 y 12-24 cm, a medida que la intensidad de la entrada se incrementa, la velocidad del frente parece tender a un valor constante: aproximadamente 0,75 cm/min en el tramo superficial y 3 cm/min entre 12 y 24 cm.

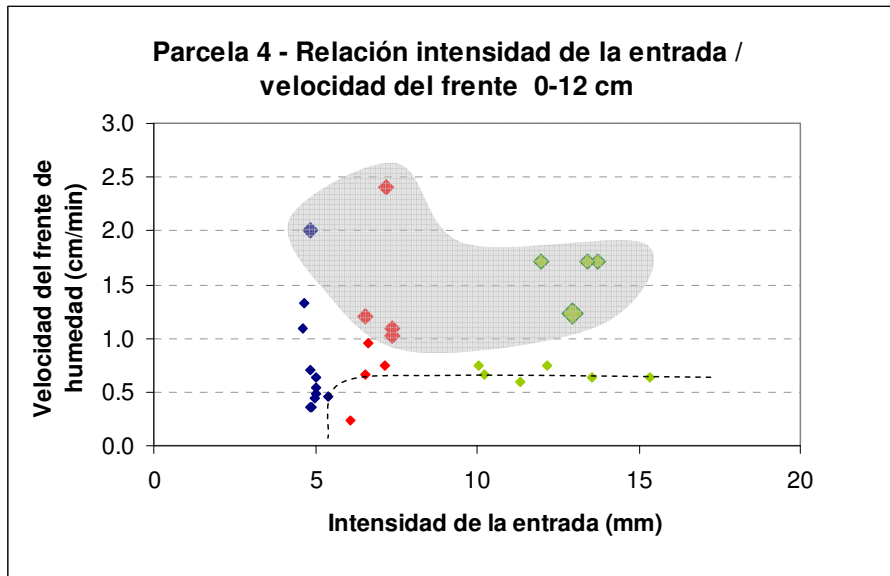


Figura 4.22 Parcela 4 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm

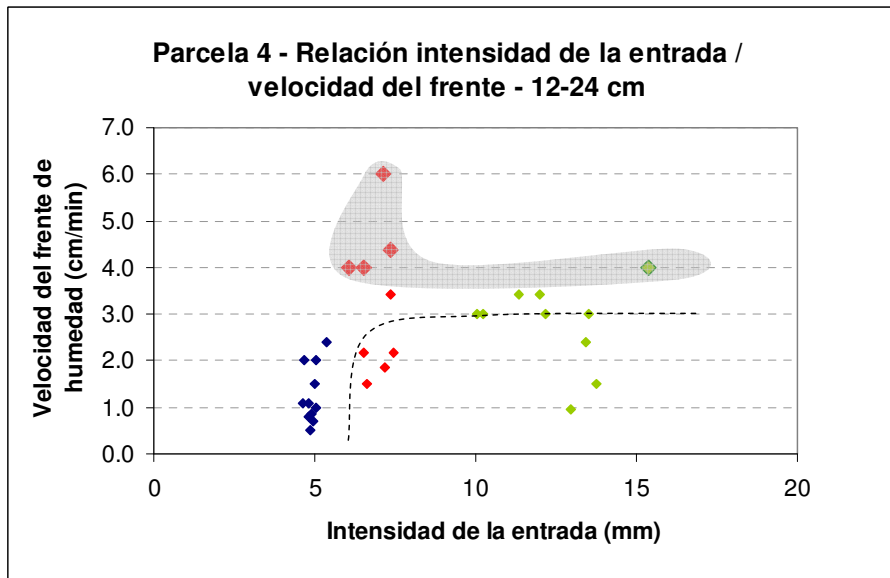


Figura 4.23 Parcela 4 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

La relación encontrada entre la intensidad de la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm es similar a la existente entre 0 y 12 cm, lo que aporta el dato adicional de que la retención de agua en la zona superficial parece ser reducida.

El objetivo de los riegos de baja intensidad para mantener el nivel de humedad en un rango determinado, media para riegos en días alternos y alta para recuperar la humedad en los sustratos cuando se encontraban bajos de humedad es probablemente la causa de que los riegos de media y alta intensidad presenten el mayor número de casos de flujo preferencial en ambos tramos (puntos rojos y verdes en las figuras 4.22 y 4.23).

En el sustrato 100% arenoso coinciden el flujo preferencial y el flujo de frente uniforme, siendo este último el predominante. La retención del agua en la zona superficial es reducida y el agua se acumula en la zona inferior del perfil, lo que puede promover un sistema radicular profundo, ya que las raíces buscan el agua.

4.3.1. Aplicación del trazador fluoresceína - parcela 4

La aplicación del trazador fluoresceína se utilizó para caracterizar el tipo de flujo predominante y determinar la permanencia del agua en el perfil. Para tal efecto, un litro de solución de fluoresceína de 0,2 g/L se aplicó el 18/11/10 en la superficie de la parcela a cuatro metros del drenaje (figura 4.24); a continuación se aplicó un régimen de riego de aproximadamente 10 mm entre 3 y 4 veces por semana durante 20 días; luego la intensidad del riego fue incrementada a 25 mm pero su frecuencia se mantuvo por 20 días adicionales como se aprecia en la figura 4.25; las lluvias fueron consideradas como un riego más.

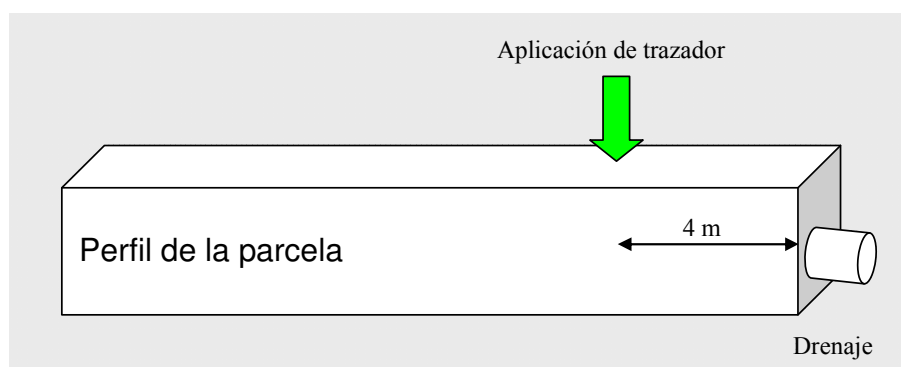


Figura 4.24 Esquema de aplicación de trazador en la parcela 4

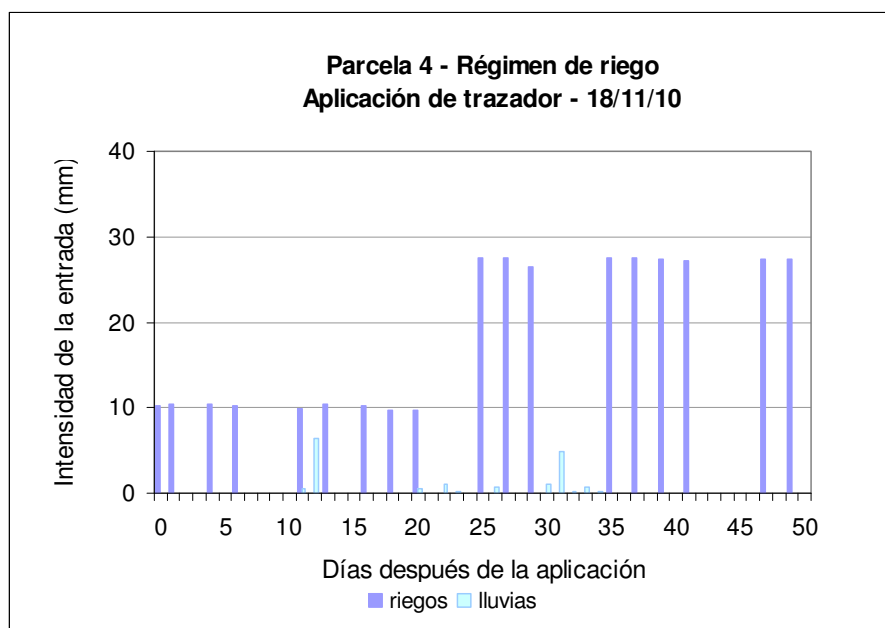


Figura 4.25 Parcela 4 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (18/11/10)

Las muestras del agua de drenaje tomadas diariamente después de la aplicación fueron analizadas mediante el espectrofotómetro SHIMADZU UV-1603 a 490 nm. Se detectó la presencia del trazador entre los días 4 y 18 después de la aplicación; el máximo de absorbancia correspondió al día 7 (figura 4.26).

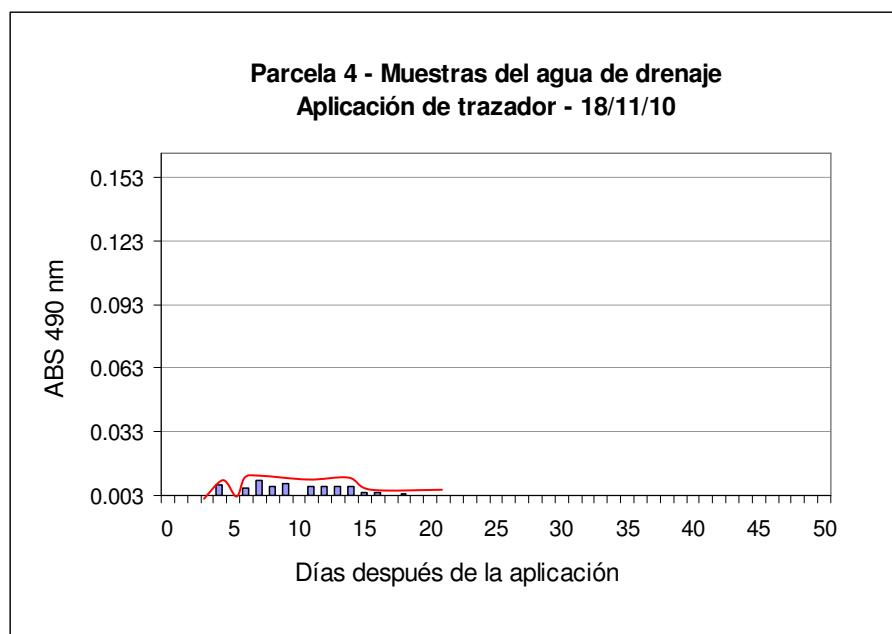


Figura 4.26 Parcela 4 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (18/11/10)

Las muestras de drenaje posteriores al día 20 no presentaron absorbancia a 490 nm, por lo que se asumió que todo el trazador había abandonado el perfil. Una segunda aplicación de trazador fue considerada conveniente debido a la reducida absorbancia de la primera experiencia.

La aplicación de trazador del 28/03/11 en concentración de 1 g/L de fluoresceína, fue seguida de riegos entre 3 y 4 veces por semana los 22 primeros días y riegos de igual frecuencia pero mayores de 10 mm a partir del día 28. El día 25 se inició un proceso de lavado del trazador debido a una lluvia intensa (35 mm) como se aprecia en la figura 4.27; la lluvia del día 40 se consideró como un riego más.

La figura 4.28 indica la absorbancia a 490 nm del agua de drenaje desde la aplicación del trazador fluoresceína hasta el fin de la experiencia, el día 50. La línea roja en la figura 4.28 que une los valores de absorbancia y elimina los días en que no hubo drenaje compone la curva de ruptura del trazador del sustrato arena.

En esta ocasión el trazador abandonó el perfil desde el segundo día, siendo especialmente notoria su salida entre los días 5 y 19. La máxima concentración de fluoresceína se obtuvo entre los días 6 y 8. Aunque aún se recuperó trazador en los días posteriores al día 19 no se volvió a obtener una

concentración importante de fluoresceína pese a incrementar el riego y a las lluvias intensas, por lo que se consideró que el trazador había abandonado el perfil.

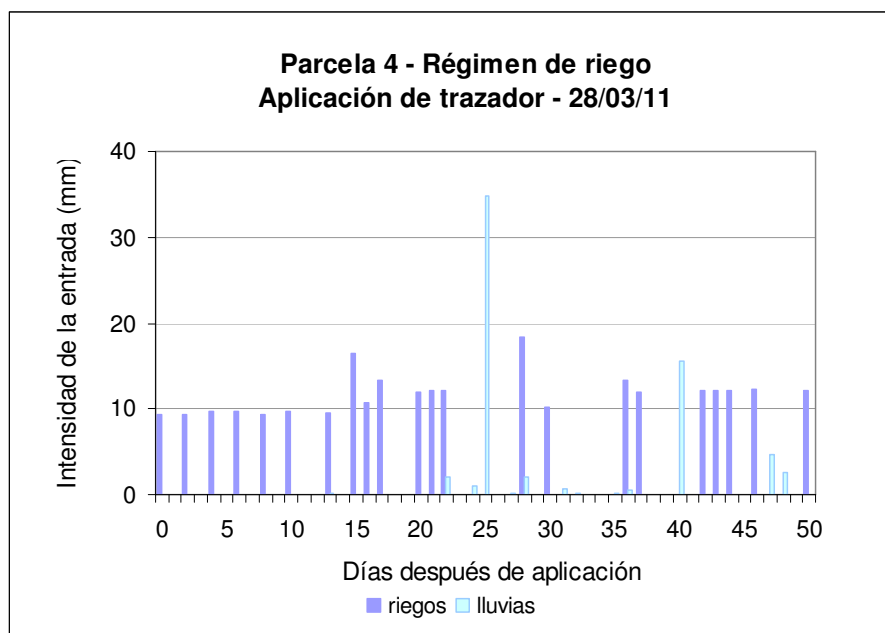


Figura 4.27 Parcela 4 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (28/03/11)

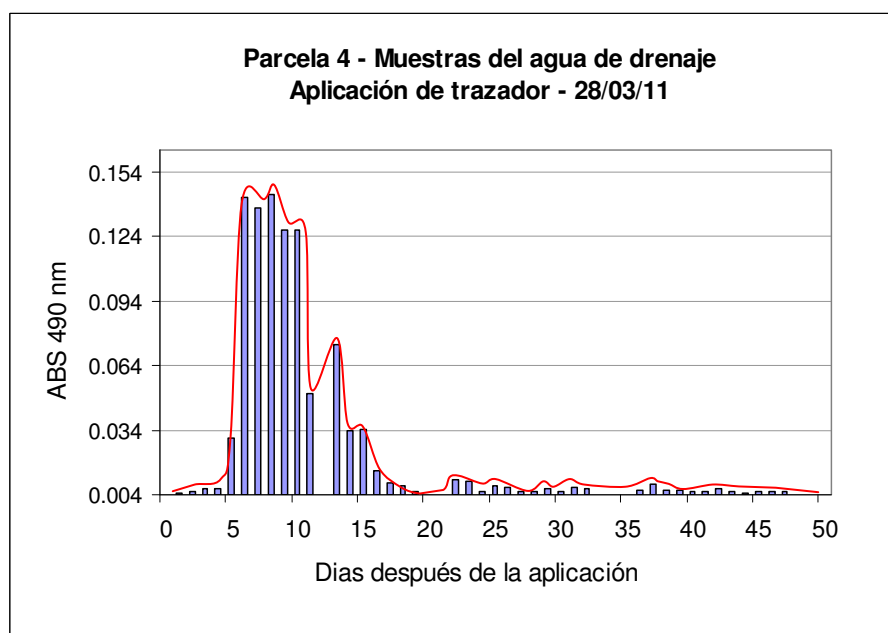


Figura 4.28 Parcela 4 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (28/03/11)

En ambas aplicaciones se pudo observar que la fluoresceína inicia su salida entre 2 y 4 días después de haber sido aplicada, lo que indica que el agua que abandona el perfil antes de la salida de la fluoresceína se encontraba ya contenida en el perfil y fue empujada por los riegos hacia el drenaje, lo que confirma que predomina en el perfil un flujo uniforme y que se activa el flujo pistón.

La máxima concentración del trazador, obtenida entre los días 6 y 9 en ambas aplicaciones, indica el tiempo de residencia de la mayor parte del compuesto (y por lo tanto del agua) en el perfil, cuando el régimen de riego es de aproximadamente 10 mm, 3 a 4 veces por semana. Este tiempo de residencia corresponde al flujo responsable del transporte de solutos (*flujo advectivo*). La detección del trazador los días 1 al 5 en la figura 4.28 corresponde a una pequeña fracción del colorante que circula por vías preferenciales en el sustrato (macroporos) adelantando su salida. La detección del trazador en los días posteriores al día 9 indican una ligera interacción del trazador con la matriz del suelo o que una parte del agua que transporta el colorante ha tomado caminos más tortuosos antes de alcanzar el drenaje (*flujo dispersivo*).

Una aplicación de fluoresceína (1 g/L, el 12/01/11) a la que siguió un régimen de riego de menor intensidad que el anterior: 8,72 mm, entre 3 y 4 veces por semana y en el que las lluvias fueron en promedio de similar intensidad que los riegos (figura 4.29), genera un frente bastante uniforme aunque más lento, que inicia su salida el día 11 (figura 4.30) alcanzando la concentración máxima entre los días 20 y 24. Se aprecia, sin embargo, cierto flujo preferencial entre los días 2 y 9 después de la aplicación después de los cuales el flujo uniforme antes descrito predomina.

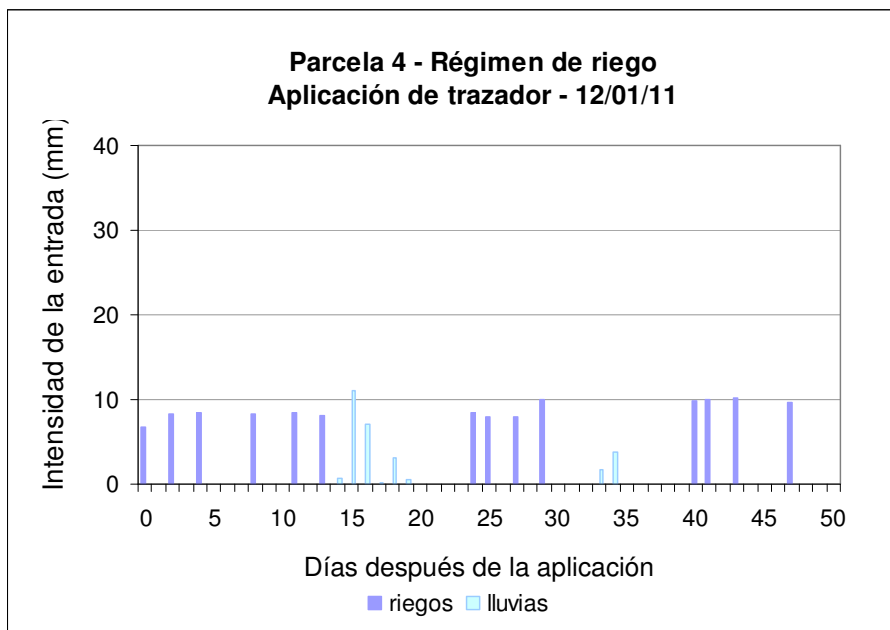


Figura 4.29 Parcela 4 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (12/01/11)

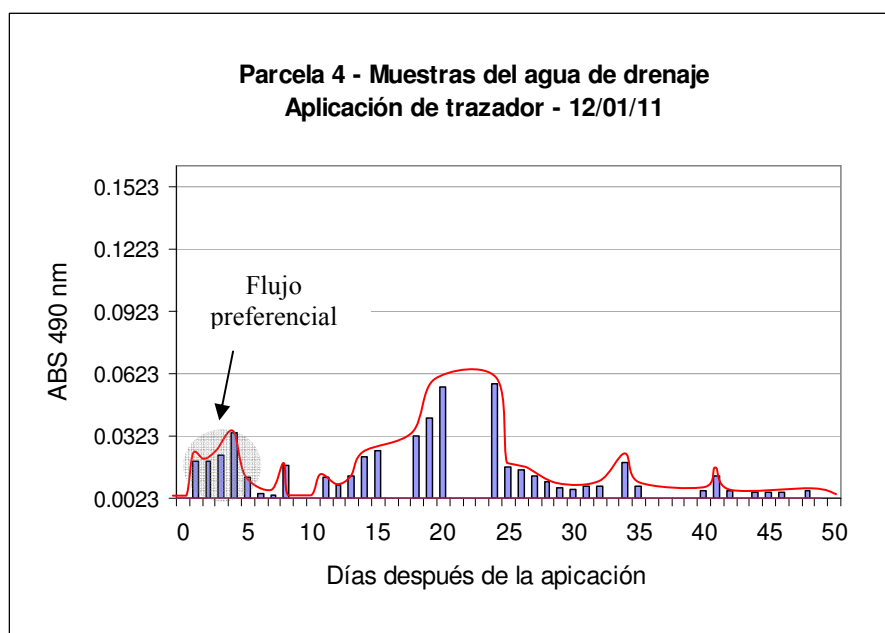


Figura 4.30 Parcela 4 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (12/01/11)

La figura 4.31 ofrece un esquema de la distribución del trazador en el perfil del sustrato arena en relación con su curva de ruptura. Esta curva de ruptura del trazador es similar a la descrita por Abdou y Flury (2004) para suelos de estructura horizontal como las arenas.

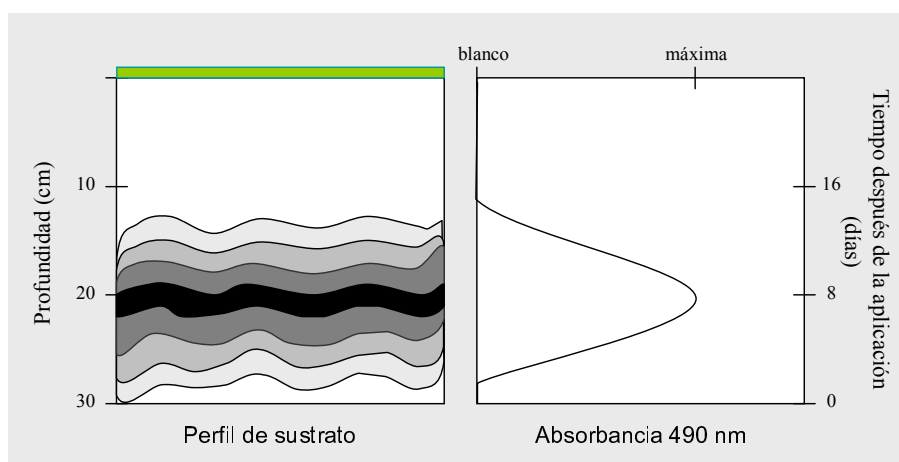


Figura 4.31 Esquema de la distribución del trazador en el sustrato de la parcela 4 y curva de ruptura asociada (Abdou y Flury, 2004)

4.4. La parcela 2 (enmienda – materia orgánica)

La parcela 2, compuesta por arena y materia orgánica (turba) cuenta con una zona superficial de unos 10 cm, rica en materia orgánica al haber sido mezcladas la arena y la enmienda en la propia parcela de manera manual. Esta composición y esta distribución de materiales pueden hacer que el flujo en este sustrato difiera del flujo en el perfil 100% arenoso.

La figura 4.32 presenta la variación de la humedad a 12 y 24 cm en el perfil de la parcela 2 entre el 22/09 y el 22/10 de 2010. De la misma manera que en la parcela 4, la lectura de la humedad a 12 cm es menor que a 24 cm manteniendo una proporción constante a lo largo de la investigación (punto 4.3, figura 4.15).

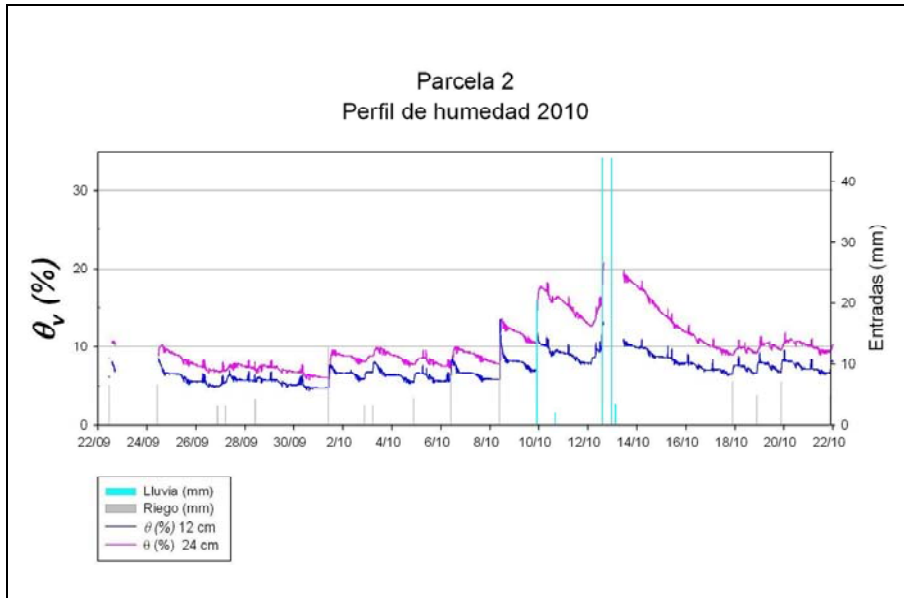


Figura 4.32 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en la parcela 2 (22/09/10 al 22/10/10)

Al no contar con un sensor superficial (entre 5 y 10 cm de profundidad) y conociendo por la bibliografía (Carrow, 1985; Lodge y Baker, 1992; Bigelow et al., 2000, 2001, 2004; Waltz et al, 2003; Dexter, 2004; McCoy et al., 2007) que la materia orgánica, presente en los primeros 10 cm de sustrato, incrementa la porosidad a la vez que ralentiza el movimiento del agua y mejora su retención, se propone que el agua se distribuye en el perfil de la parcela 2 como se muestra en la figura 4.33: una zona superficial, rica en materia orgánica, donde el agua se retiene o circula lentamente; una zona inferior arenosa, cuya humedad aumenta con la profundidad debido a la condición de límite con el drenaje, pero que, al recibir menos agua tiene un nivel de humedad más reducido que en la parcela 100% arenosa. De igual manera que en la parcela 4, el agua se acumula en la zona profunda hasta alcanzar el potencial “*h*” necesario para abandonar el perfil.

El análisis de la velocidad del frente de humedad en la zona de 0 a 12 cm (figura 4.34) indica que pueden encontrarse dos tipos de flujo: un flujo lento, que se produce en la mayoría de los casos, que tiende a aproximadamente 0,75 cm/min a medida que la humedad aumenta; y un flujo rápido, cuya velocidad inicialmente aumenta y luego disminuye a medida que la humedad sigue aumentando (puntos de mayor tamaño en la figura 4.34) y que parecen corresponder a casos de flujo preferencial.

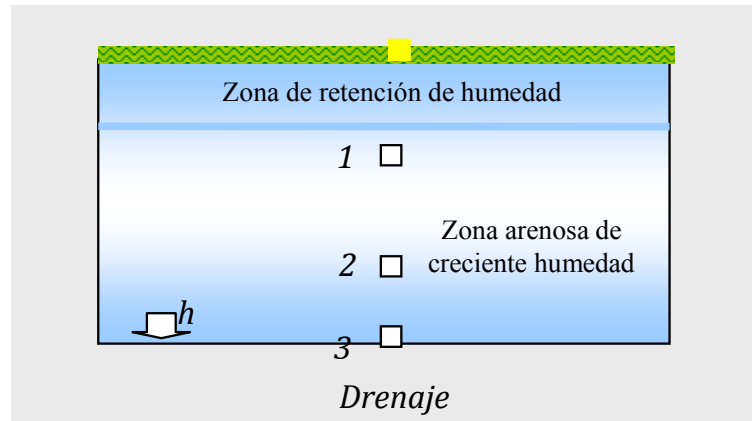


Figura 4.33 Esquema de la distribución del agua en el perfil del sustrato – parcela 2

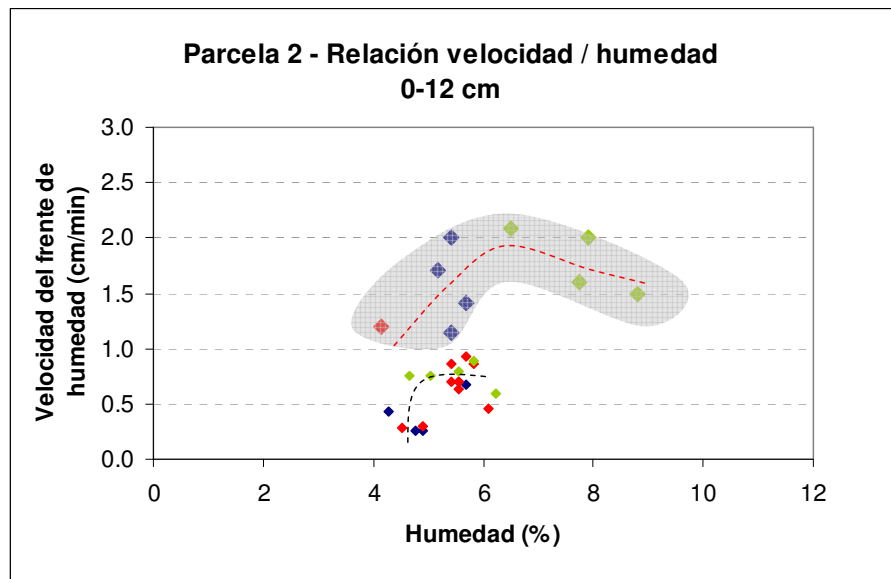


Figura 4.34 Parcela 2 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm.

En el tramo de 12 a 24 cm hay una gran variación en la velocidad del frente (entre 0,14 y 24 cm/min) y su relación con la humedad inicial no es muy clara, pero se puede advertir que a medida que la humedad aumenta, la velocidad del frente inicialmente aumenta alcanzando valores muy elevados y luego disminuye (figura 4.35). Este comportamiento corresponde al flujo preferencial, también presente en el tramo superficial, aunque en este tramo es aparentemente el predominante.

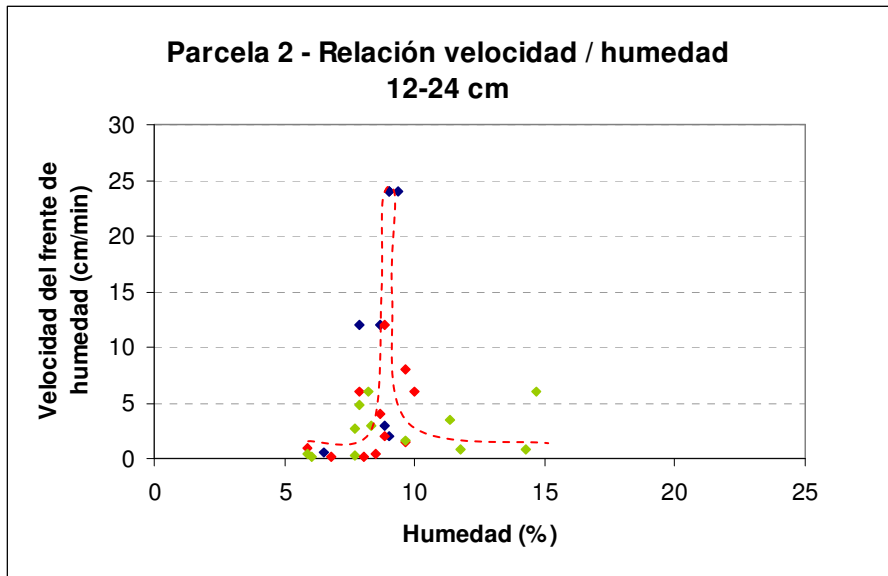


Figura 4.35 Parcela 2 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

En la figura 4.36 es posible ver la relación entre la humedad inicial y la velocidad del flujo entre 0 y 8 cm/min y apreciar mejor la variación de la velocidad del frente a medida que la humedad del sustrato incrementa. La velocidad del frente no se estabiliza en el rango de humedad en que se encuentra la zona inferior de la parcela 2; como referencia, en la parcela 4 el flujo uniforme se alcanza cuando la humedad se encuentra alrededor del 15%.

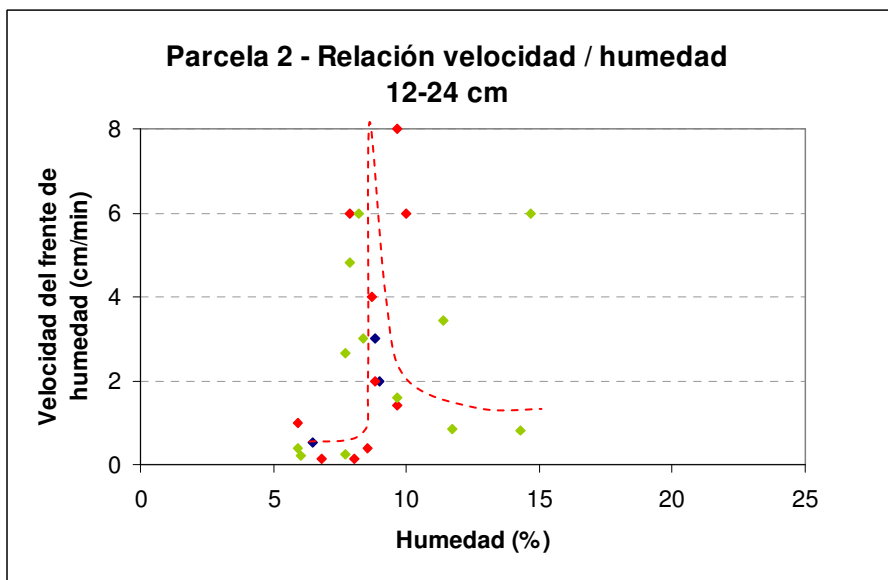


Figura 4.36 Parcela 2 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

Relación con la intensidad de la entrada

De la misma manera que en la parcela 4, la intensidad de las entradas es responsable de que el agua se interne en el sustrato y genere flujo. Gracias a su relación con la velocidad del frente de humedad también puede determinarse si existe retención de agua. Las entradas de intensidad muy

baja son retenidas en la zona superficial cuando el nivel de humedad es suficientemente bajo (la magnitud del potencial matricial es alto). La figura 4.37 presenta la variación de la humedad ante una entrada de 2,61 mm el 4/4/10 en la que ninguno de los sensores detecta el agua, señal de que ésta queda retenida en la superficie; la tabla 4.4 presenta la humedad medida por los sensores.

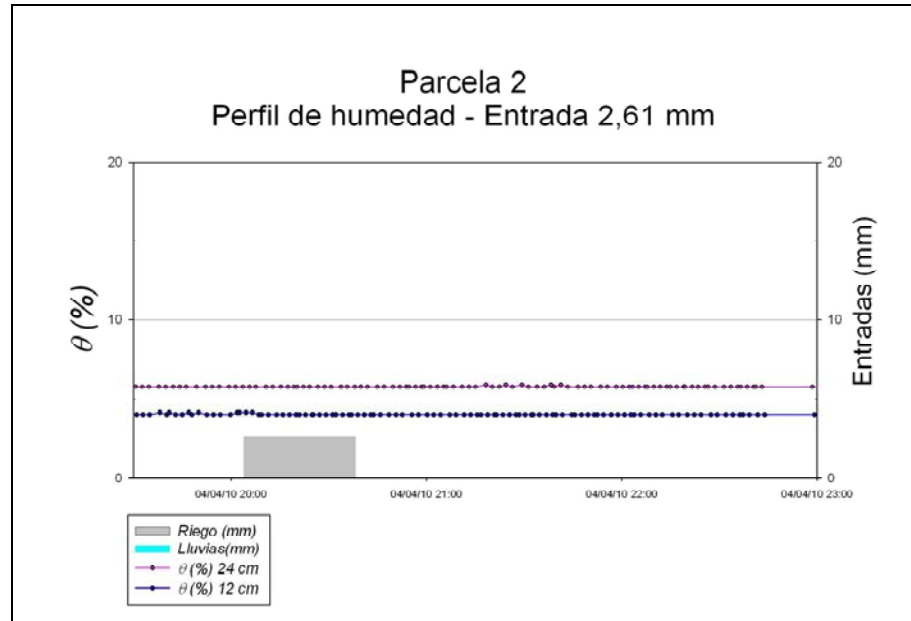


Figura 4.37 Parcela 2 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 2,61 mm

Tabla 4.4 Parcela 2 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 2,61 mm

Profundidad	Detección del incremento de la humedad (minutos después de iniciado el riego)	θ inicial (%)	θ máxima (%)	Incremento de la humedad (%)
12 cm	No llega	4,03	4,03	-
24 cm	No llega	5,75	5,75	-

Las entradas de mayor intensidad generan un frente de humedad que es detectado por los sensores. En la figura 4.38 se aprecia la variación de la humedad en el perfil de la parcela 2, causada por un riego de 6,36 mm el 19/06/10. La tabla 4.5 presenta la variación de la humedad y el tiempo que toma al frente alcanzar ambos sensores. En este caso se aprecia que mientras que el flujo es lento en los primeros doce centímetros, el recorrido entre los sensores a 12 y 24 cm se realiza de manera muy rápida (0,5 minutos), señal de la existencia de flujo preferencial en este tramo.

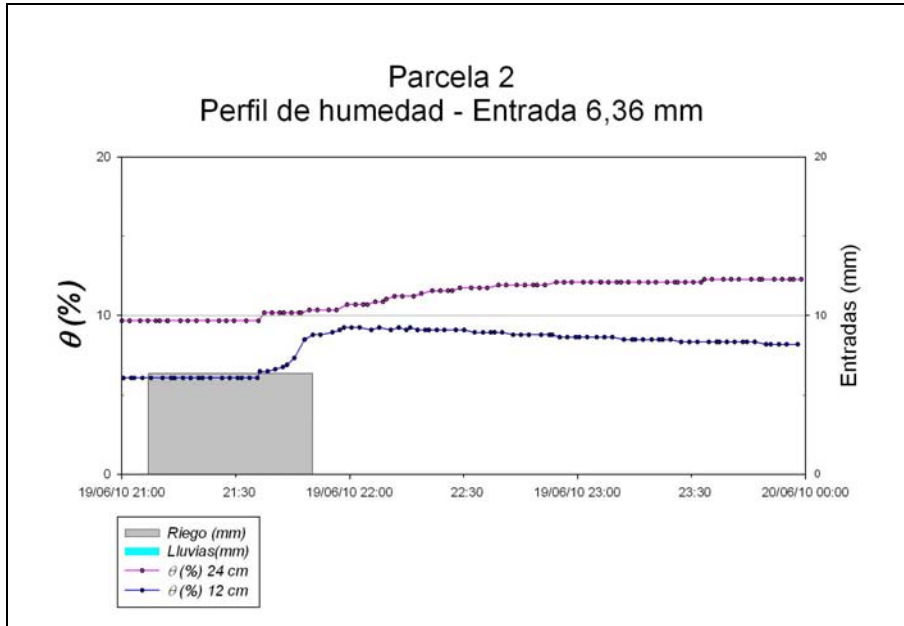


Figura 4.38 Parcela 2 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 6,36 mm

Tabla 4.5 Parcela 2 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 6,36 mm

Profundidad	Detección del incremento de la humedad (minutos después de iniciado el riego)	θ inicial (%)	θ máxima (%)	Incremento de la humedad (%)
12 cm	28	6,08	9,25	52,0
24 cm	28,5	9,69	12,27	26,6

En general, la relación de la intensidad de las entradas y la velocidad del frente de humedad es distinta según la zona del perfil ya que el tipo de flujo es distinto:

- Entre 0 y 12 cm la velocidad del frente de humedad aumenta a medida que se incrementa la intensidad de las entradas hasta que se alcanza un valor en que se estabiliza: aproximadamente 0,75 cm/min. Los puntos identificados como flujo preferencial en la figura 4.34 corresponden a los puntos resaltados en la figura 4.39, en ellos, la intensidad de la entrada no parece tener relación con la velocidad del frente.

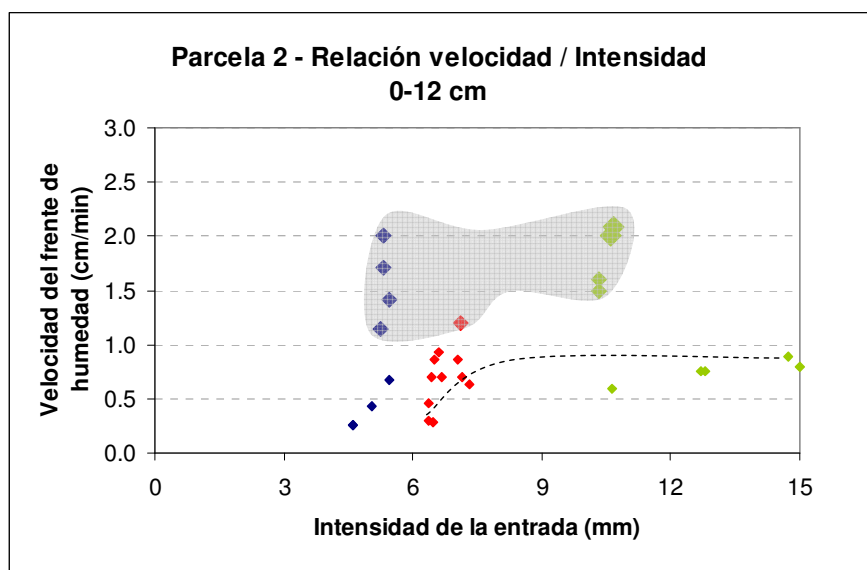


Figura 4.39 Parcela 2 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm

- Entre 12 y 24 cm no parece haber una relación clara entre la intensidad de las entradas y la velocidad del frente. Para entradas de menos de 9,5 mm la velocidad varía mucho entre 0,14 y 12 cm/min, posible indicio de flujo preferencial o retención de las entradas en la zona superficial: el agua que alcanza la zona entre sensores ya no tiene relación con la intensidad de la entrada inicial. Las entradas de más de 9,5 mm sí parecen conseguir cierta relación entre la intensidad y la velocidad de flujo, sin embargo, estas entradas fueron poco comunes debido a la elevada pérdida de agua por drenaje. La intensidad mantenida en la mayoría de los casos entre los años de 2010 y 2011, entre 5 y 10 mm, prácticamente garantizan que parte de las entradas fueran retenidas en la superficie y que en la zona inferior a 12 cm el flujo predominante haya sido el flujo preferencial.

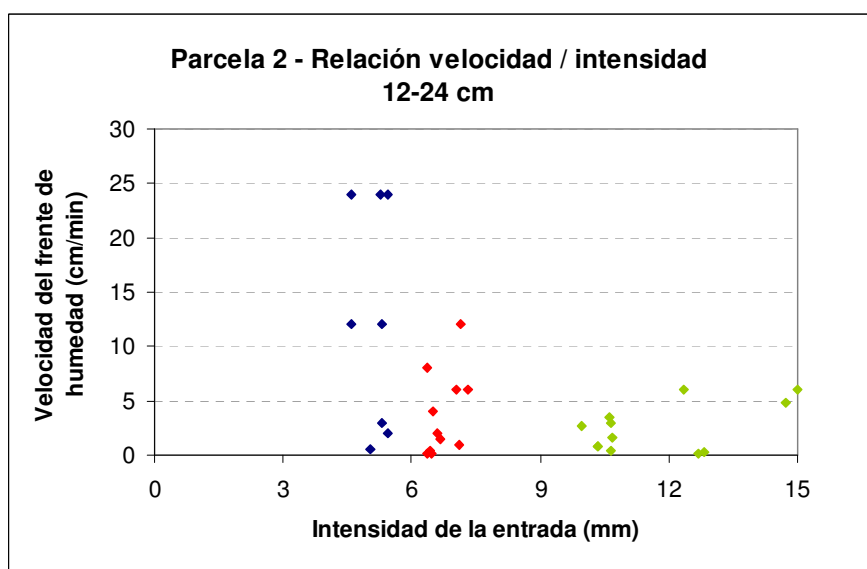


Figura 4.40 Parcela 2 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

En el sustrato de la parcela 2 coinciden nuevamente el flujo preferencial y el flujo uniforme, pero mientras que el flujo uniforme es predominante en la zona superficial, el flujo preferencial lo es en el tramo de 12 a 24 cm. Adicionalmente a la reducida humedad, el flujo preferencial se atribuye en ocasiones a la presencia de materia orgánica en la superficie de sustratos gruesos como la arena, propiciando cierto nivel de repelencia (Nieber et al., 2005; Dekker y Ritsema, 2000)

El efecto de la materia orgánica en la zona superficial (0-12 cm) reduce la velocidad del frente de humedad aproximadamente un 25% con respecto a la parcela 100% arenosa y al parecer también retiene el agua ya que genera una zona de reducida humedad entre 12 y 24 cm donde el flujo no es uniforme sino más bien preferencial. Los datos encontrados parecen concordar con la distribución de agua propuesta en la figura 4.33, que podría promover una zona radicular concentrada en la superficie.

4.4.1. Aplicación del trazador fluoresceína – parcela 2

La primera aplicación del trazador fluoresceína en la parcela 2 se realizó a 4 metros del drenaje en concentración de 0,2 g/L, el 18/11/10. El régimen de riego que siguió a la aplicación de la fluoresceína se presenta en la figura 4.41. De manera similar a la parcela 4, los riegos de aproximadamente 10 mm se realizaron entre 3 y 4 veces por semana los primeros 20 días. La intensidad de los riegos superó los 20 mm a partir del día 25; las lluvias aportaron entradas mayores de 5 mm los días 12 y 31.

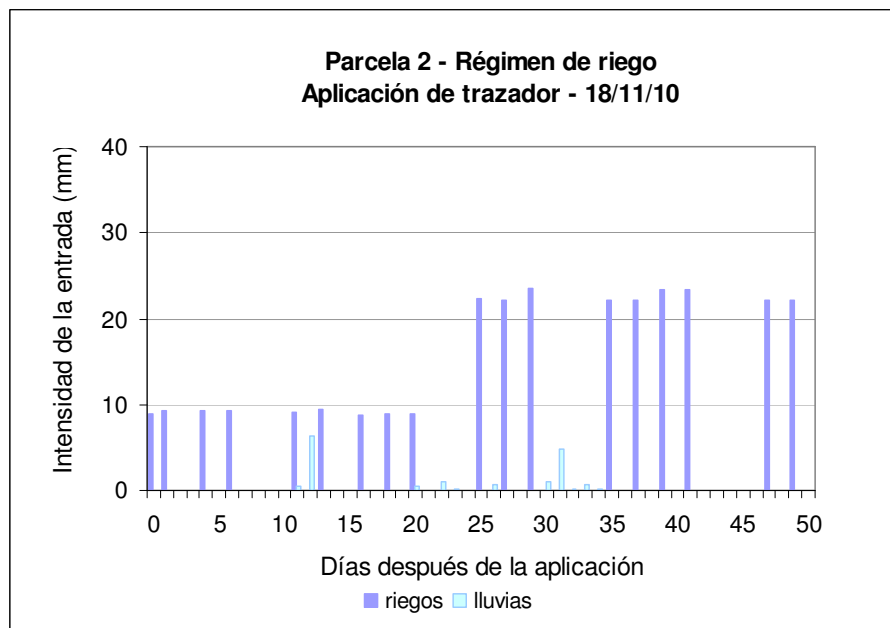


Figura 4.41 Parcela 2 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (18/11/10)

Las muestras de agua de drenaje fueron analizadas según se relata en el punto 4.4.1; en ellas sólo se detectó el trazador los días 21 y 22 después de la aplicación. Aún después del incremento de la intensidad de los riegos el trazador no volvió a ser detectado por lo que se entendió que abandonó el perfil estos dos días (figura 4.42).

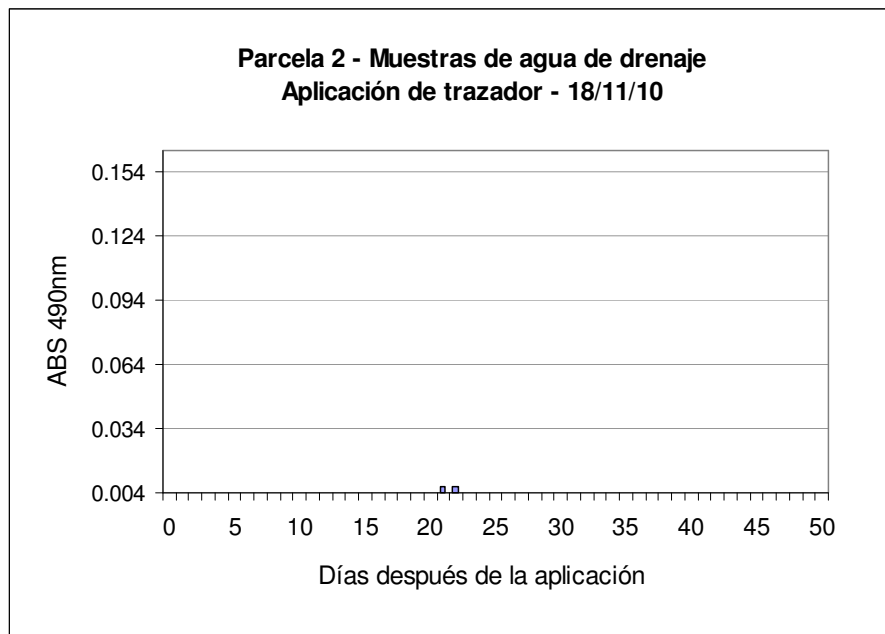


Figura 4.42 Parcela 2 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (18/11/10)

Los resultados de esta aplicación apuntan a un flujo muy uniforme, nada disperso, en el que el agua entrante reside entre 21 y 22 días en el sustrato cuando las entradas son de alta intensidad o, más probablemente, a la retención casi total del agua y trazador en la zona superficial que apenas permite a una pequeña fracción internarse en el perfil, empujar el frente de humedad y finalmente alcanzar el drenaje. Un comportamiento como este puede explicar la reducida humedad, el flujo irregular y preferencial y la completa falta de relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente en el tramo de 12 a 24 cm.

Una segunda aplicación, más concentrada de trazador (1 g/L) fue realizada el 12/01/2011 para comprobar el comportamiento del trazador en el sustrato de la parcela 2. El régimen de riego, esbozado en la figura 4.43, consistió en entradas de 6,94 mm (promedio) entre 3 y 4 veces por semana, los primeros 30 días. Las lluvias entre los días 15 y 19 reemplazaron los riegos de esa semana. A partir del día 33 se deseó forzar la salida del trazador con lavados de 100 mm en la zona de la aplicación, debido a que la intensidad de la absorción de la fluoresceína no se incrementó en la misma medida que en la parcela 4, señal de una posible retención de trazador por la materia orgánica. Mayor número de lavados no fueron aplicados debido a que la calidad de la hierba se resintió.

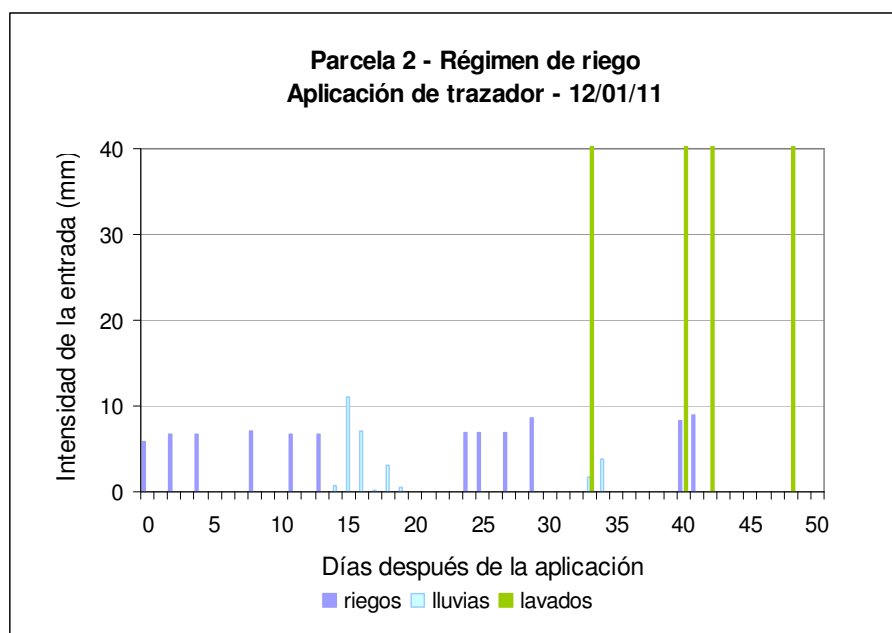


Figura 4.43 Parcela 2 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (12/01/11)

Pese a los lavados, la absorbancia de la fluoresceína a 490 nm (figura 4.4) no se incrementó. Una parte del trazador abandonó el perfil y su absorción se detectó a partir del día 8 después de la aplicación. La salida del trazador fue irregular alcanzando los valores máximo los días 13, 15, 19 y 30 (las muestras de la salida forzada del trazado a partir del día 33, no fueron consideradas para este análisis). La curva de ruptura parece responder al flujo preferencial que se observa entre 12 y 24 cm.

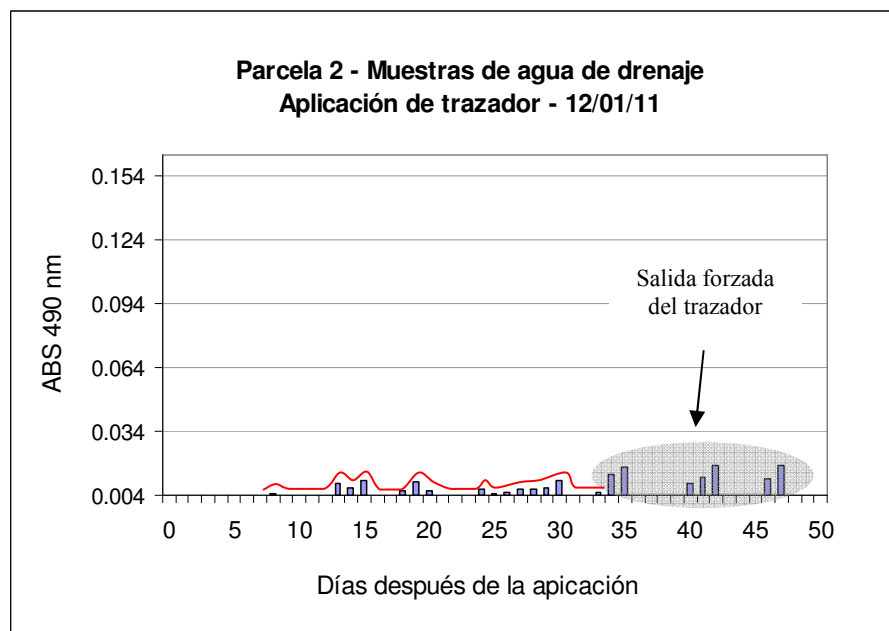


Figura 4.44 Parcela 2 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (12/01/11)

La figura 4.45 ofrece un esquema de la distribución del trazador en el perfil y la curva de ruptura del trazador en el sustrato enmendado con materia orgánica. Al retener la zona superficial la

mayor parte del trazador, sólo una fracción se interna en el sustrato alcanzando la zona profunda donde el flujo es irregular y por lo tanto la salida el drenaje es intermitente. La curva de ruptura del trazador es discontinua, no uniforme y de baja intensidad; se asume que el resto del trazador queda adherido a la enmienda hasta su degradación.

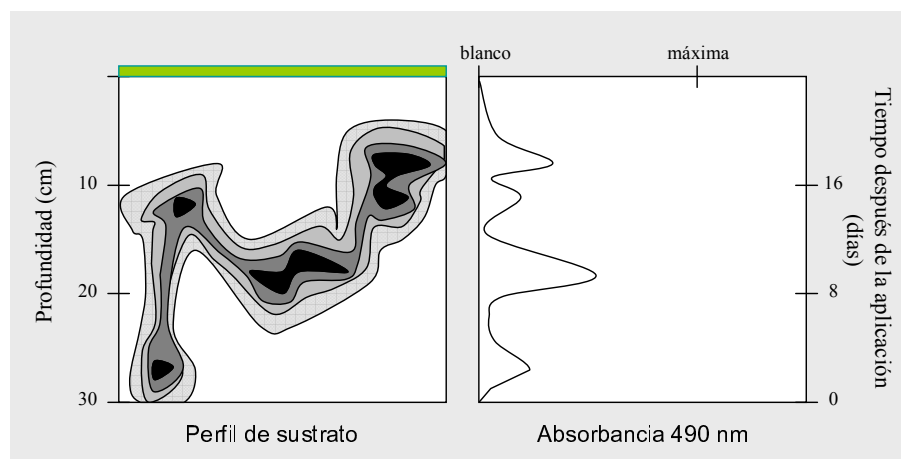


Figura 4.45 Esquema de la distribución del trazador en el sustrato de la parcela 2 y curva de ruptura asociada

4.5. La parcela 3 (enmienda - hidrogel)

En la parcela 3, la arena fue enmendada con hidrogel, compuesto que absorbe hasta 45 veces su peso en agua con el fin de mantenerla al alcance de las raíces y conseguir un ahorro en el consumo. La aplicación del hidrogel a la arena, mezclado de manera manual en sus primeros 10 cm puede conducir a modificaciones en el flujo del agua frente al sustrato 100% arenoso.

La figura 4.46 presenta la variación de la humedad a 12 y 24 cm en el perfil de la parcela 3 entre el 22/9 y el 22/10 de 2010. De la misma manera que en la parcela 4, la lectura de la humedad a 12 cm es menor que a 24 cm y la proporción entre la humedad superficial y profunda cambia dependiendo del régimen de riego, sin embargo, y de manera contraria a la parcela sin enmienda, cuando los riegos son poco frecuentes y el suelo se encuentra más seco, la proporción de agua que se encuentra en la zona superficial es mayor que en las otras parcelas (punto 4.3, figura 4.14).

Al no contar con un sensor superficial y considerando la capacidad del aditivo colocado en la zona superficial de retener el agua (Terravida, 2008), se propone que el agua se distribuye en el perfil de la parcela 3 como se muestra en la figura 4.47: una zona superficial, que contiene el aditivo, donde el agua se retiene y una zona inferior 100% arenosa donde la humedad se incrementa con la profundidad debido a la condición de límite con el drenaje. La reducida cantidad de agua que alcanza la zona inferior es la razón por la que la humedad a 12 y 24 cm es menor que en la parcela 100% arenosa (parcela 4).

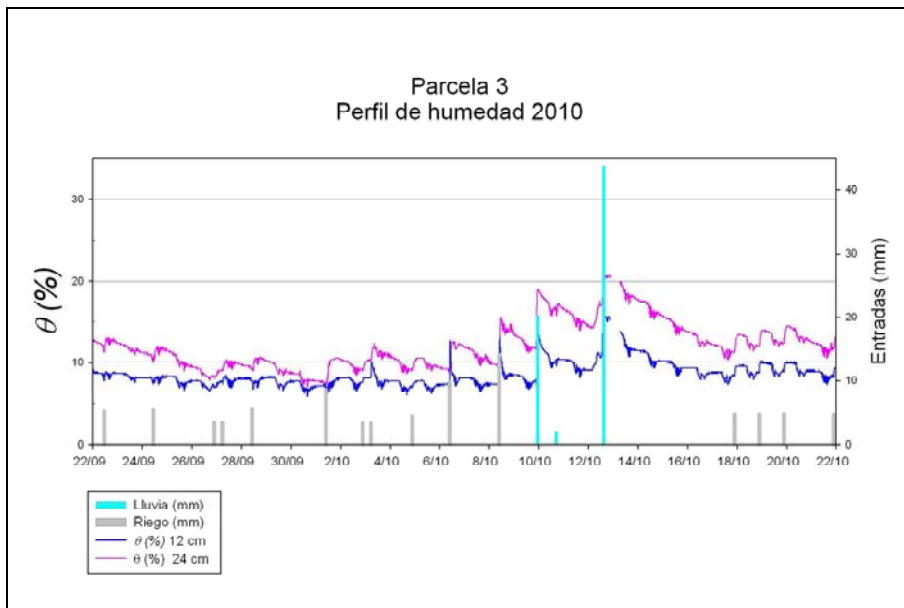


Figura 4.46 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en la parcela 3 (22/09/10 al 22/10/10)

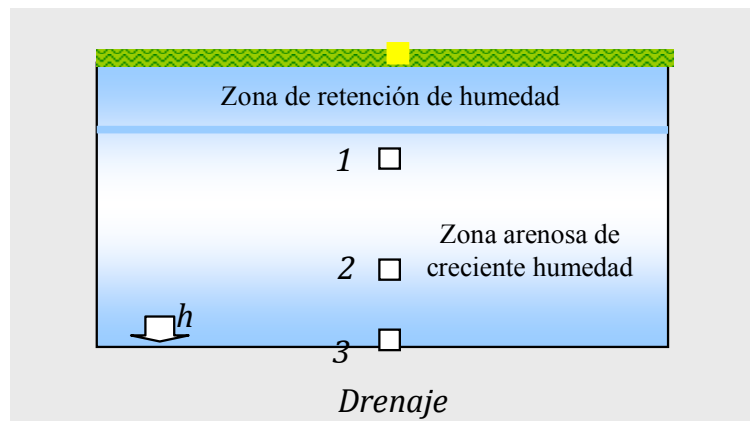


Figura 4.47 Esquema de la distribución del agua en el perfil del sustrato – parcela 3

El análisis de la velocidad del frente de agua en la zona de 0 a 12 cm (figura 4.48) indica que pueden encontrarse dos tipos de flujo: un flujo lento, predominante, cuya velocidad se incrementa a medida que la humedad inicial aumenta y se estabiliza alrededor de 0,5 cm/min; y un flujo rápido, cuya velocidad aumenta (hasta 2 cm/min) y luego disminuye a medida que la humedad inicial se incrementa. Este flujo rápido se produce en contadas ocasiones (puntos más grandes en la figura 4.48) y parece corresponder a casos de flujo preferencial, aunque en menor proporción que en la parcela 100% arenosa.

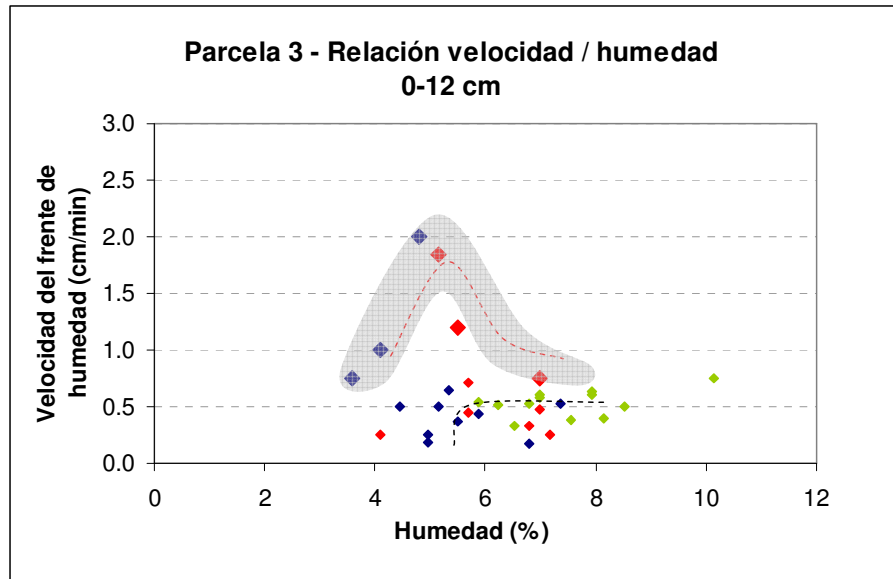


Figura 4.48 Parcela 3 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm.

En el tramo de 12 a 24 cm la velocidad de flujo varía entre 0,25 y 6 cm/min y en su relación con la humedad inicial se pueden advertir dos posibles comportamientos: en uno la velocidad del frente es elevada y se incrementa a medida que se incrementa la humedad inicial para luego disminuir; en el otro, la velocidad del frente aumenta para luego estabilizarse alrededor de 1,71 cm/min (figura 4.49).

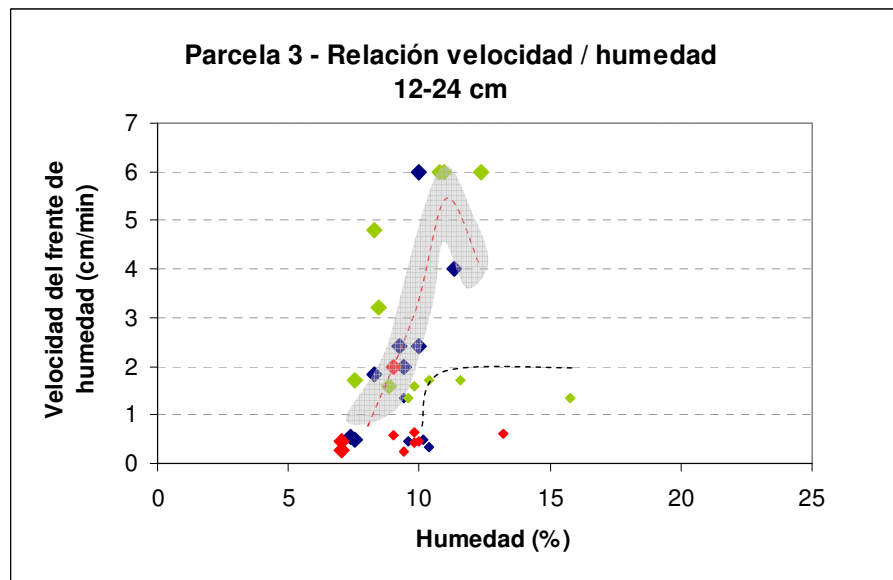


Figura 4.49 Parcela 3 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

En el sustrato de la parcela 3 coinciden el flujo preferencial y el flujo uniforme. En la zona superficial, un flujo uniforme, de hasta 0,5 cm/min parece ser predominante mientras que entre 12 y 24 cm, los flujos preferencial y uniforme se presentan en similar número de casos. El flujo uniforme en este tramo tiende a una velocidad de 1,7 cm/min.

El hidrogel retiene el agua en la zona superficial creando una zona inferior de menor humedad que en la parcela 4 (sin enmienda), lo que puede promover una zona radicular somera, al igual que en la parcela 2. También reduce la velocidad del frente de humedad: aproximadamente un 50% entre 0 y 12 cm y un 43% entre 12 y 24 cm cuando el flujo es uniforme.

Relación con la intensidad de la entrada

De la misma manera que en las anteriores parcelas, cuando coinciden una intensidad de entrada y una humedad inicial bajas, el agua puede quedar retenida en la superficie, sin detectarse un incremento de la humedad y sin generar drenaje. Un ejemplo puede verse en la figura 4.50 en la que la humedad no varía ante una entrada de 2,71 mm el 4/4/10. La tabla 4.6 muestra el nivel de humedad en el perfil cuando este evento ocurre.

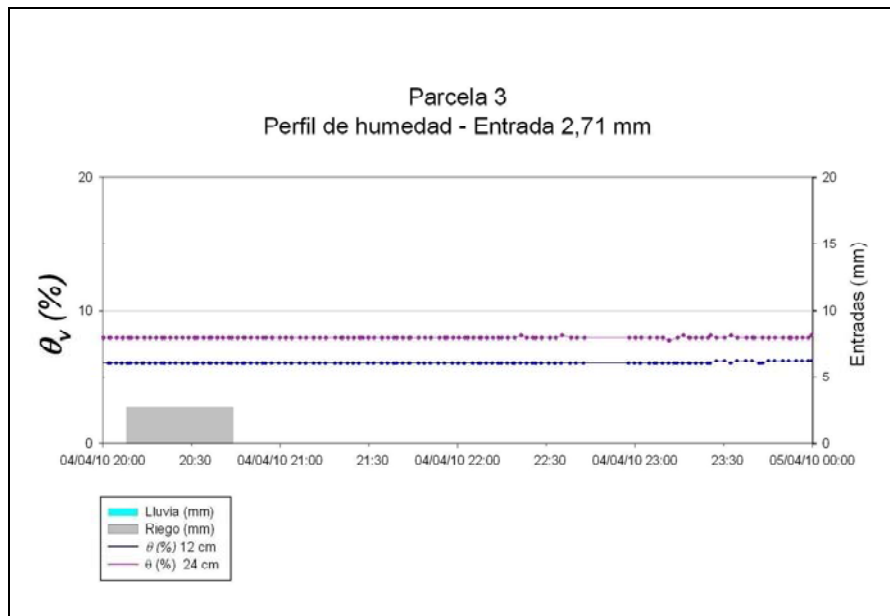


Figura 4.50 Parcela 3 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 2,71 mm

Tabla 4.6 Parcela 3 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 2,71 mm

Profundidad	Detección del incremento de la humedad (minutos después de iniciado el riego)	θ inicial (%)	θ máxima (%)	Incremento de la humedad (%)
12 cm	No llega	6,05	6,05	-
24 cm	No llega	7,92	7,92	-

La adición de hidrogel como enmienda genera casos (33) en que entradas de media intensidad (5,85 mm en promedio) son retenidas en el perfil (no generan drenaje) pese a que los sensores detectan la llegada del frente de humedad a la zona profunda del perfil (24 cm). Similar situación no se presenta en las parcelas 2 y 4 en las que la llegada del agua a la zona profunda del perfil tiene como consecuencia la generación de drenaje. En la parcela con hidrogel, un incremento de la humedad en la zona profunda no necesariamente genera drenaje, señal de que entre el perfil de

la parcela 3 y el drenaje hay una mayor diferencia de potencial que en las parcelas que no lo contienen, por lo que se requiere un mayor potencial hidráulico en la zona profunda del perfil para que el agua lo abandone. Esta es probablemente la razón por la que los sustratos enmendados con hidrogel presentan una reducción mayor del 40% en las salidas por drenaje (punto 3.4.1). Un ejemplo de entradas de media intensidad que no generan drenaje se presenta en la figura 4.51, corresponde a una entrada de 6,45 mm, el 17/6/10. La tabla 4.7 expone que la entrada genera un incremento máximo de la humedad del 22,2% a 12 cm y de 15,3% a 24 cm de profundidad, mientras que en la parcela 4, una entrada de similar intensidad genera el mayor incremento de humedad a 24 cm (31,2 %) y un incremento menos notable a 12 cm (10,9 %).

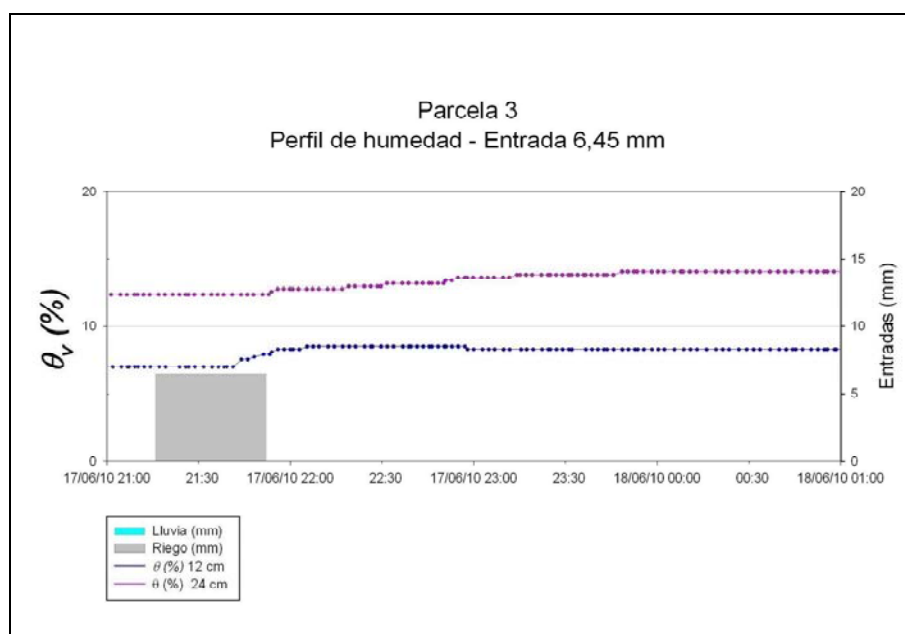


Figura 4.51 Parcela 3 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 6,45 mm

Tabla 4.7 Parcela 3 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 6,45 mm

Profundidad	Detección del incremento de la humedad (minutos después de iniciado el riego)	θ inicial (%)	θ máxima (%)	Incremento de la humedad (%)
12 cm	25	6,98	8,53	22,2
24 cm	36	12,37	14,26	15,3

En general, la relación de la intensidad de las entradas y la velocidad del frente de humedad es distinta según la zona del perfil ya que el tipo de flujo es distinto:

- Entre 0 y 12 cm la velocidad del frente de humedad aumenta a medida que se incrementa la intensidad de las entradas hasta que se alcanza un valor en que se estabiliza: aproximadamente 0,5 cm/min. Los puntos identificados como flujo preferencial en la figura 4.48 y graficados de mayor tamaño, también son más grandes en la figura 4.53 en los que la intensidad de la entrada no parece tener relación con la velocidad del frente.

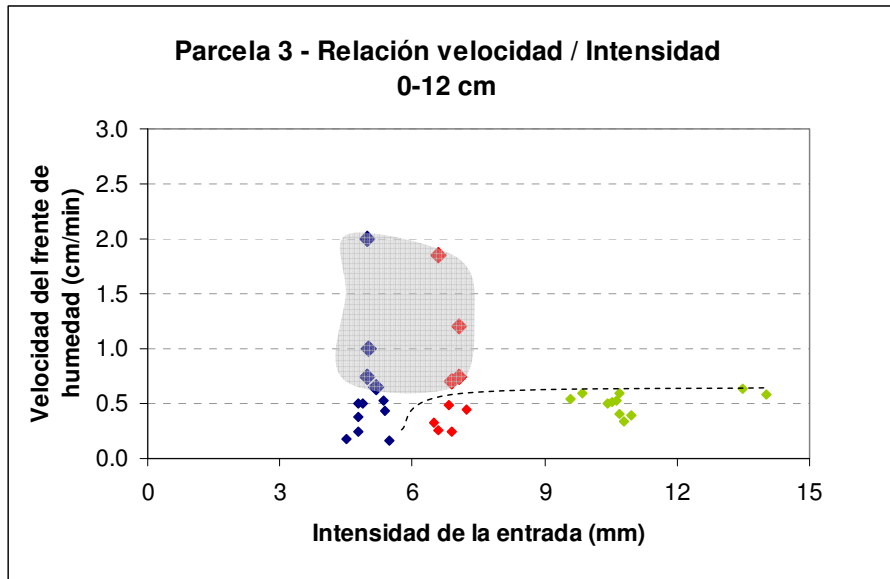


Figura 4.52 Parcela 3 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm

- Entre 12 y 24 cm no parece haber una relación clara entre la intensidad de las entradas y la velocidad del frente. Los puntos entendidos como flujo preferencial en el análisis de velocidad de flujo (figura 4.49) también se encuentran resaltados en la figura 4.53, sin embargo, se entremezclan con los puntos asignados a flujo uniforme de Richards, y solo parece estabilizarse cuando las entradas son de elevada intensidad. De la misma manera que en la parcela 2, parece suceder que el agua que alcanza la zona entre sensores ya no tiene relación con la intensidad de la entrada inicial, señal de retención en la zona enmendada del perfil.

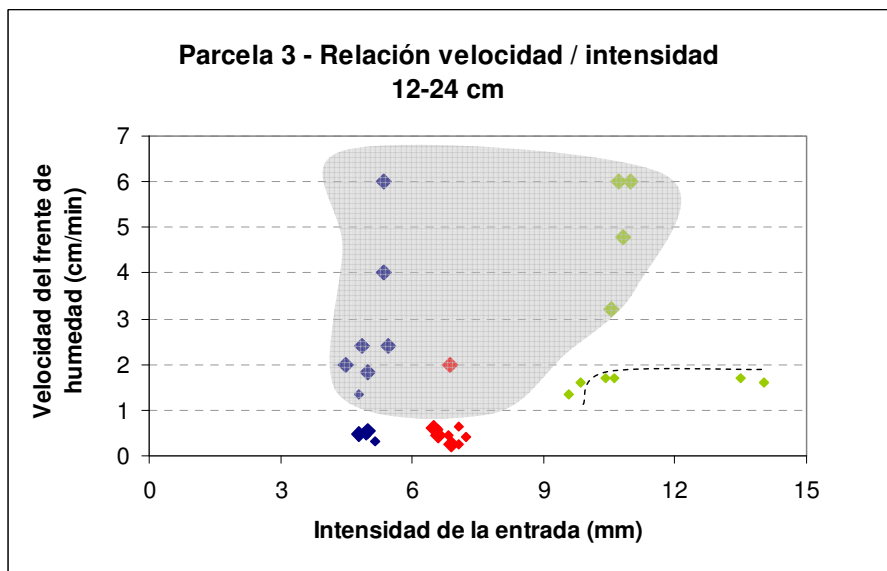


Figura 4.53 Parcela 3 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

El flujo preferencial parece estar presente en ambos tramos del perfil: en el tramo entre 0 y 12 cm surge cuando la intensidad de las entradas es baja o media y en el tramo entre 12 y 24 cm es probable consecuencia de la baja humedad en la zona.

De manera similar a lo que ocurre en la parcela 2, es probable que el flujo preferencial sea predominante al analizar el funcionamiento de todo el perfil como se hace a continuación mediante la aplicación del trazador fluoresceína.

4.5.1. Aplicación del trazador fluoresceína – parcela 3

La primera aplicación del trazador fluoresceína en la parcela 3 se realizó el 18/11/10 en concentración de 0,2 g/L. El régimen de riego que siguió a la aplicación de trazador fue similar al de las anteriores parcelas: riegos de aproximadamente 10 mm se realizaron entre 3 y 4 veces por semana los primeros 20 días; la intensidad de los riegos superó los 20 mm entre los días 25 y 50 después de la aplicación. Las lluvias aportaron entradas mayores de 5 mm los días 12 y 31 (figura 4.54).

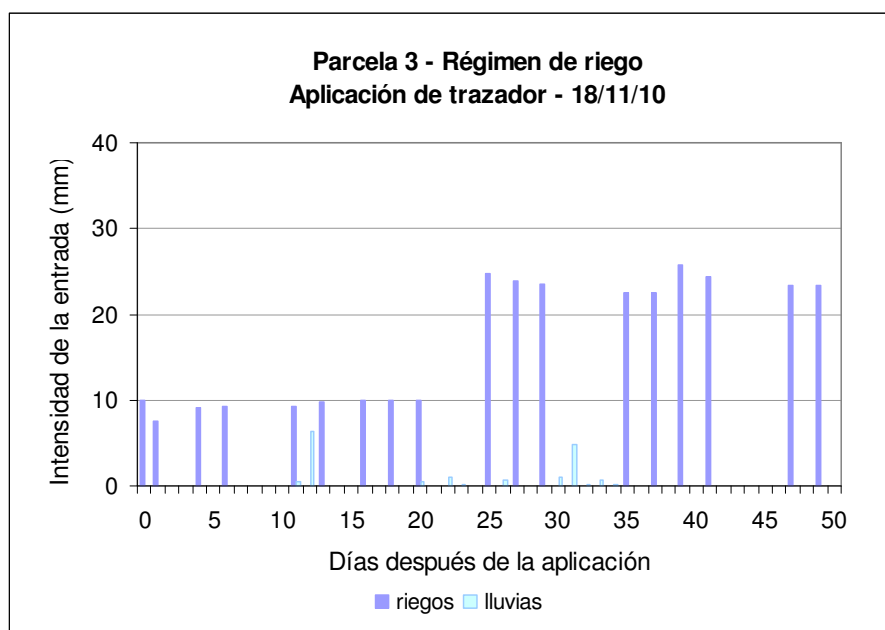


Figura 4.54 Parcela 3 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (18/11/10)

Las muestras de drenaje de esta primera aplicación no arrojaron positivos de detección de fluoresceína, por lo que se entendió que el aditivo había retenido el agua y el trazador aplicados y que la fracción que hubiera podido internarse en el perfil resultaba pequeña y no era detectable. Una segunda aplicación de trazador, en mayor concentración, se consideró necesaria para asegurar que la fracción de trazador que se internara en el perfil pudiera ser detectada. La segunda aplicación de trazador se realizó el 12/01/11, en concentración de 1 g/L. El régimen de riego,

esbozado en la figura 4.55., consistió en entradas de 7,66 mm de intensidad promedio, entre 3 y 4 veces por semana; las lluvias entre los días 15 y 19 reemplazaron los riegos de esa semana.

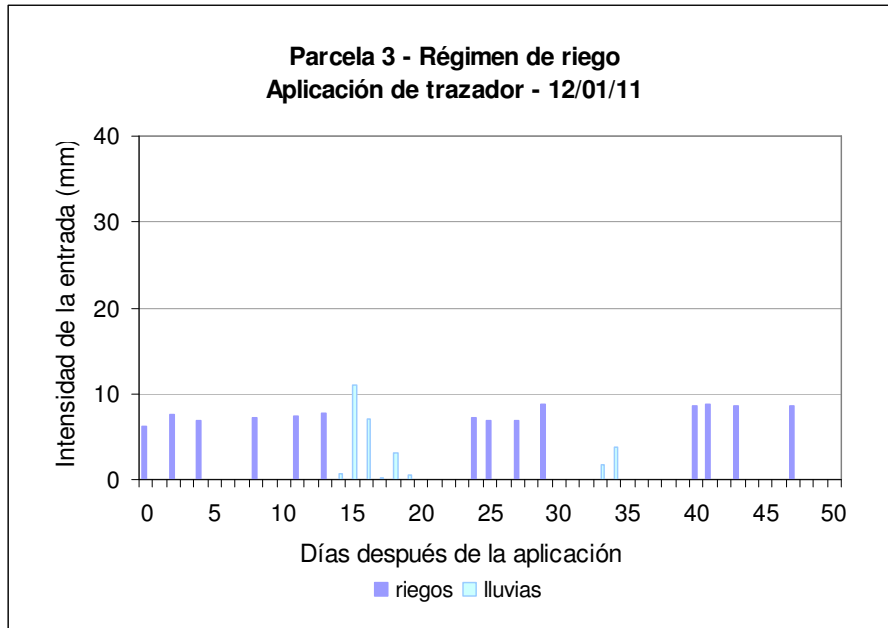


Figura 4.55 Parcela 3 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (12/01/11)

La absorción de la fluoresceína a 490 nm en las muestras de agua recolectadas (figura 4.56) no se incrementó tanto como en la parcela 4, debido a que parte del agua queda retenida en el hidrogel. Una parte del trazador, sin embargo, abandonó el perfil y se detectó en las muestras a partir del día 5 después de la aplicación. La salida del trazador continuó a lo largo de la experiencia de manera intermitente, detectándose la mayor concentración del trazador el día 11, para luego descender paulatinamente. El trazador pudo ser encontrado hasta 46 días después de la aplicación. Aunque la intermitencia en la salida del trazador puede aparentar flujo preferencial, los casos en que no se detecta absorbancia en la figura 4.56 corresponden a días en que no hubo drenaje, por lo que esta intermitencia corresponde a la discontinua obtención de drenaje y no al flujo preferencial como sucede en la parcela 2.

La salida del trazador presenta un paulatino incremento de la concentración de la fluoresceína y posterior reducción, que parece apuntar a la predominancia de un frente de humedad uniforme, aunque más disperso hacia el final de la curva de ruptura. Un esquema de la distribución del trazador se presenta en la figura 4.57.

La curva de ruptura del trazador en la parcela 3 está ligada a la existencia de agua de drenaje, que en ocasiones queda retenida en el perfil. En general la curva parece mostrar que la aplicación del hidrogel genera un flujo uniforme y más lento que en la parcela 100% arenosa, de la fracción de agua que no es retenida en la superficie.

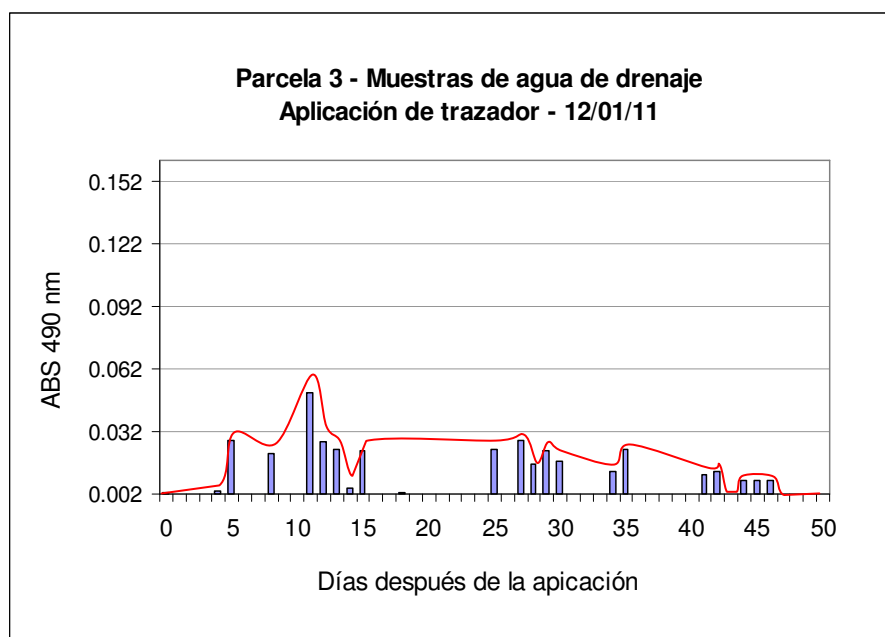


Figura 4.56 Parcela 3 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (12/01/11)

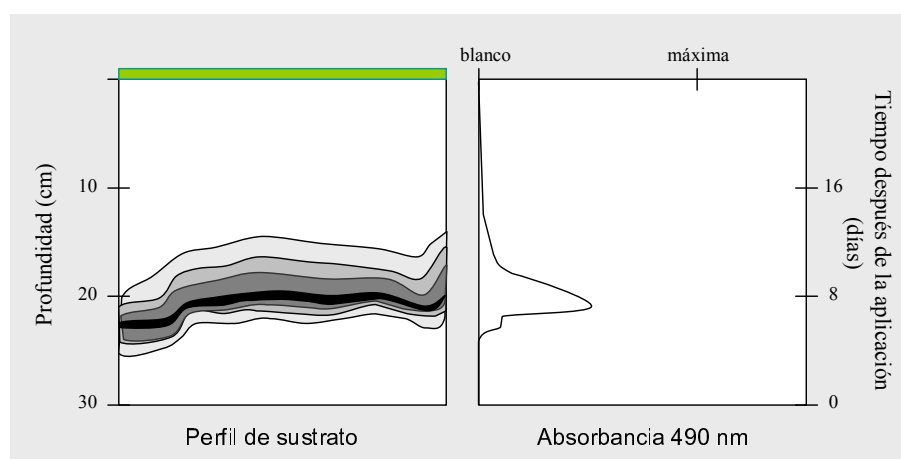


Figura 4.57 Esquema de la distribución del trazador en el sustrato de la parcela 3 y curva de ruptura asociada

4.6. La parcela 1 (enmienda - materia orgánica e hidrogel)

La parcela 1, doblemente enmendada con turba e hidrogel, cuenta con una zona superficial de unos 10 cm, rica en materia orgánica al haber sido mezcladas la arena y la enmienda en la propia parcela de manera manual. Adicionalmente, la zona superficial contiene el hidrogel que, junto a la materia orgánica, modifica el flujo del agua con respecto a la parcela 100% arenosa (parcela 4).

La figura 4.58 presenta la variación de la humedad a 12 y 24 cm en el perfil de la parcela 1. De la misma manera que en la parcela 4, la lectura de la humedad a 12 cm es menor que a 24 cm manteniendo una proporción constante, independiente del objetivo de los riegos (punto 4.3, figura 4.16).

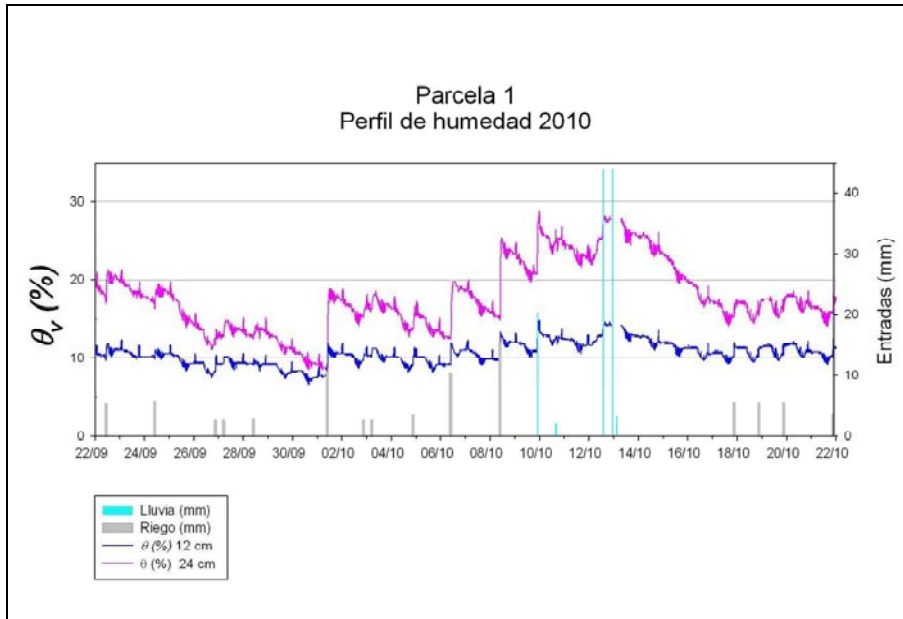


Figura 4.58 Variación de la humedad a 12 y 24 cm en la parcela 1 (22/09/10 al 22/10/10)

Al no contar con un sensor superficial entre 5 y 10 cm para seguir la variación de humedad en la zona superficial rica en materia orgánica e hidrogel, y al no contar con referencias sobre el comportamiento hidrológico cuando ambas enmiendas se encuentran presentes, el esquema de distribución del agua en el perfil se elaborará a partir del análisis de la velocidad de flujo en los tramos de 0-12 y 12-24 cm.

La figura 4.59 presenta la relación entre la velocidad del frente de humedad y la humedad inicial a 12 cm en el tramo superficial de la parcela. Se observan en esta figura dos patrones de flujo: en uno de ellos, generado principalmente por entradas de baja intensidad, la velocidad del frente es elevada, entre 4 y 12 cm/min; en el segundo patrón de flujo, que se hace presente alrededor de 6% de humedad (resaltado en rojo), la velocidad de flujo se mantiene alrededor de 2 cm/min independientemente de la humedad inicial.

El primer patrón de flujo, presente sólo en contadas ocasiones, puede ser atribuido a casos de flujo preferencial debido a que se presenta en el rango más bajo de humedad de la parcela (entre 4 y 8%) y a que esta zona es rica en materia orgánica, condiciones propicias para generar cierta repelencia y flujo preferencial (Dekker y Ritsema, 2000).

El segundo patrón de flujo, en el que la velocidad es aparentemente constante independientemente de la humedad inicial a 12 cm, se puede interpretar como la respuesta de una zona de elevada humedad situada por encima del sensor a 12 cm en la que entradas de distinta intensidad empujan el frente de humedad, que se encuentra a mayor profundidad activando el flujo pistón; la velocidad resulta constante y mayor que en las otras parcelas.

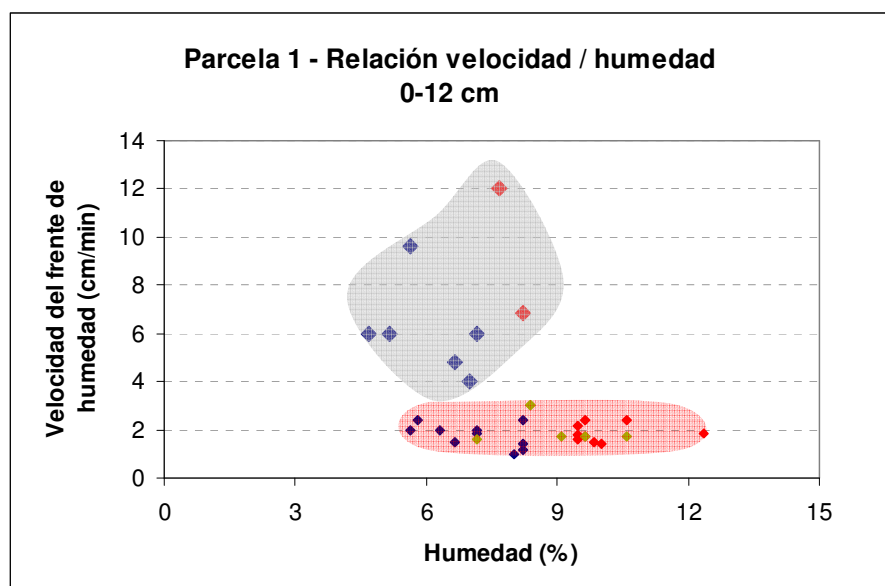


Figura 4.59 Parcela 1 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm.

En el tramo comprendido entre 12 y 24 cm el patrón de flujo apunta nuevamente a la existencia de flujo no saturado de frente uniforme (figura 4.60). En este caso la velocidad de flujo se incrementa lentamente con el aumento de humedad en el sustrato: alrededor del 15% de humedad, el incremento de la velocidad es notorio y se estabiliza entre 1,33 y 1,5 cm/min. Este comportamiento difiere de los otros tres sustratos en los que el incremento en la velocidad es inicialmente rápido para luego estabilizarse alrededor de un valor.

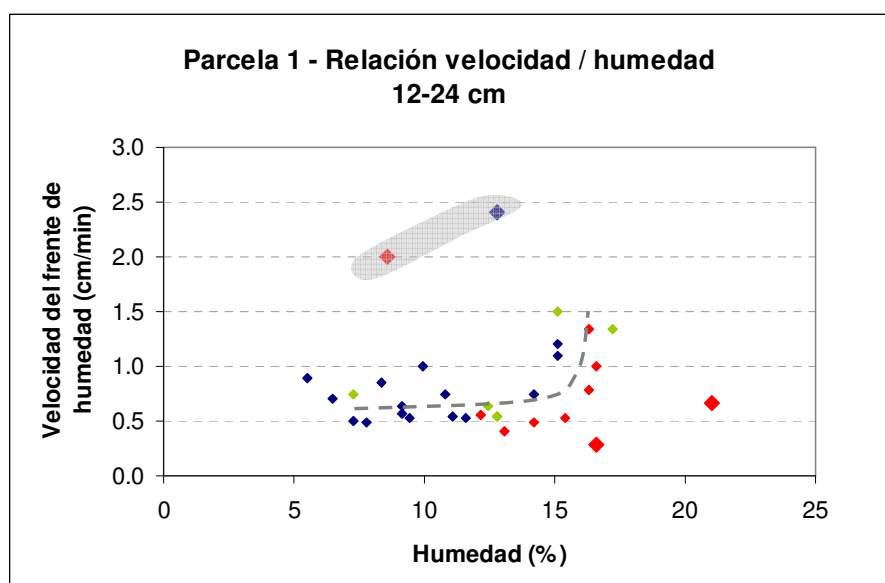


Figura 4.60 Parcela 1 – Relación entre la humedad inicial y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

Con la ayuda del análisis de los patrones de flujo, se postula para este sustrato un esquema de distribución del agua como se presenta en la figura 4.61: una zona superficial constantemente húmeda en la que el agua entrante activa el flujo pistón que alcanza rápidamente el sensor a 12 cm

independientemente de la humedad y una zona 100% arenosa cuya humedad se incrementa con la humedad, a la que el agua llega aparentemente en mayor proporción que en las parcelas con una sola enmienda. En ambos tramos de la parcela 1, el agua se encuentra a disposición de las raíces por lo que disminuye el estrés en la hierba, aunque la zona superficial, especialmente húmeda, genera probablemente la acumulación de raíces.

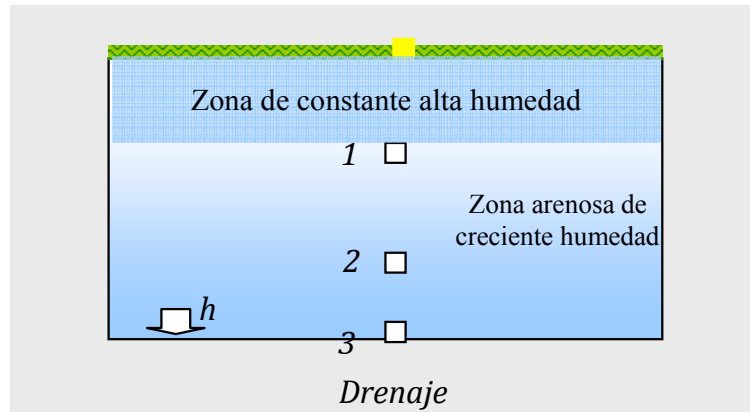


Figura 4.61 Esquema de la distribución del agua en el perfil del sustrato – parcela 1

Relación con la intensidad de la entrada

Coincidiendo con el esquema de distribución de agua planteado anteriormente todas las entradas producidas, independientemente de su intensidad, generan movimiento del frente de humedad en el perfil por activación del flujo pistón, siendo detectado por los sensores. Si el agua queda retenida en la zona superficial de la parcela o efectivamente profundiza en el perfil no se puede determinar por este medio.

La presencia de ambas enmiendas en el sustrato también genera casos (35) en que entradas de media intensidad (6,65 mm en promedio) no originan drenaje, es decir, quedan retenidas en el perfil pese a generar flujo hacia la zona profunda; un ejemplo puede verse en la figura 4.62 en la que la humedad varía en ambos sensores ante una entrada de 3,93 mm el 21/5/10, pero no se produce drenaje. La tabla 4.8 muestra la variación de la humedad en el perfil cuando este evento ocurre. En eventos similares en que no se genera drenaje, la humedad máxima a 12 cm alcanza el valor de 8,78 %; a 24 cm se alcanza una humedad de 12,23% en promedio.

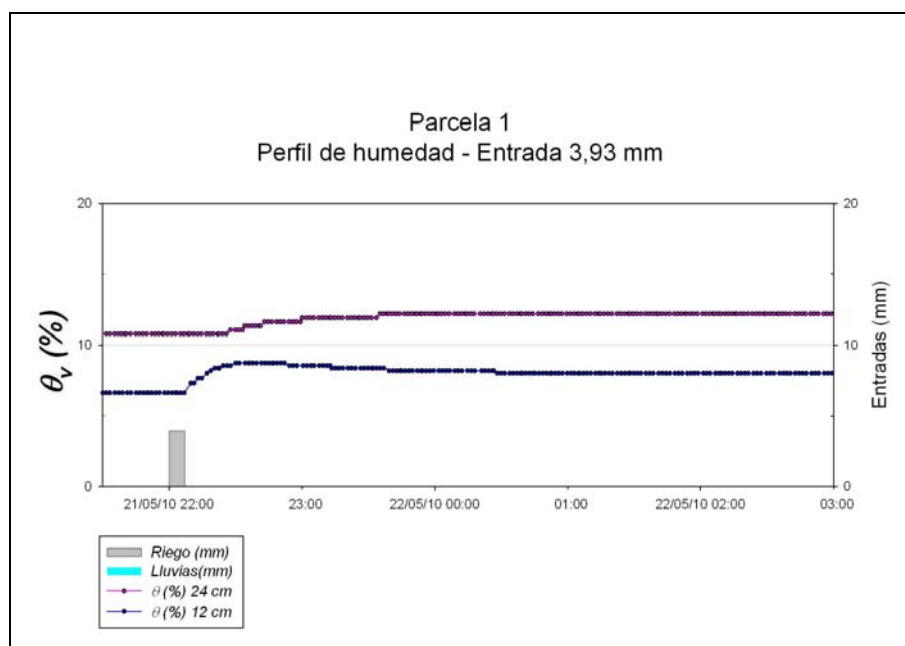


Figura 4.62 Parcela 1 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm tras una entrada de 3,93 mm

Tabla 4.8 Parcela 1 – Variación de la humedad a 12 y 24 cm generada por la entrada de 3,93 mm

Profundidad	Detección del incremento de la humedad (minutos después de iniciado el riego)	θ inicial (%)	θ máxima (%)	Incremento de la humedad (%)
12 cm	6	6,64	8,74	31,6
24 cm	26	10,78	12,19	13,1

En eventos que generan drenaje en la parcela 1, la humedad máxima alcanza en promedio 9,94 % y 16,78 % a 12 y 24 cm respectivamente, estos valores son notoriamente superiores a los eventos en que el agua queda retenida (8,78 % a 12 cm y 12,23 % a 24 cm) por lo que es probable que, en esta parcela, la generación de drenaje esté sujeta al alcance de un nivel de humedad, debido a la uniformidad del frente y a la similar velocidad en los tramos 0-12 y 12-24 cm.

En general, la relación de la intensidad de las entradas y la velocidad del frente de humedad es distinta según la zona del perfil ya que el flujo es distinto:

- Entre 0 y 12 cm la velocidad del frente de humedad tiende a ser constante en la gran mayoría de los casos (figura 4.63) y es aparentemente mayor que en las demás parcelas (2 cm/min) independientemente de la intensidad de la entrada. Los casos en los que se presenta flujo preferencial corresponden a los puntos resaltados, en general correspondientes a entradas de baja intensidad.

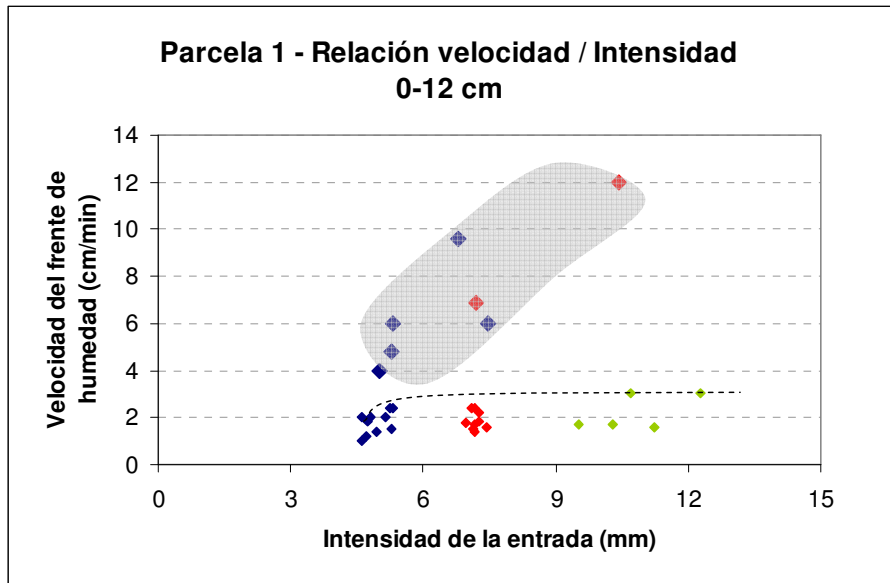


Figura 4.63 Parcela 1 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 0 y 12 cm

- Entre 12 y 24 cm, la relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente no resulta clara (figura 4.64), posiblemente porque la cantidad de agua que recibe de la zona superficial (vía flujo pistón) no guarda proporción con la entrada. Este comportamiento puede ser indicio de que parte de las entradas queda retenida en la superficie dependiendo de factores climatológicos o del consumo de la hierba, entre otros.

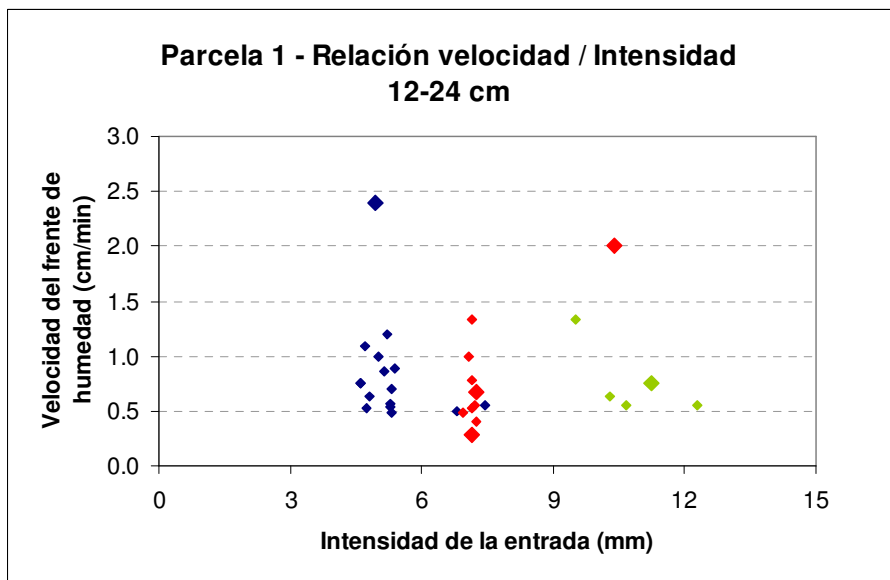


Figura 4.64 Parcela 1 – Relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente entre 12 y 24 cm

El flujo en la parcela 1 es muy distinto al que se encuentra en las demás parcelas debido a su doble enmienda. La acción sinérgica de la materia orgánica y el hidrogel mantiene una zona superficial suficientemente húmeda en la que, independientemente de la intensidad de las entradas, la velocidad del frente de humedad es constante y más rápida que en las demás parcelas

(2 cm/min) debido a la activación del flujo pistón. La falta de relación entre la intensidad de la entrada y la velocidad del frente de humedad entre 12 y 24 cm es indicio de cierta retención en la zona superficial aunque no es tan intensa como en las parcelas 2 y 3. En el tramo entre 12 y 24 cm el flujo insaturado se ve promovido por la humedad, aunque a menor velocidad que en la parcela 100% arenosa, 1,5 cm/min. Debido a ambos comportamientos se garantiza la disponibilidad de agua en el perfil. La aplicación de la fluoresceína, utilizada para medir la permanencia del agua en el sustrato y en la determinación del flujo predominante puede aportar mayor conocimiento sobre el flujo del agua en esta parcela.

4.6.1. Aplicación del trazador fluoresceína – parcela 1

La primera aplicación del trazador fluoresceína en la parcela 1 se realizó a 4 metros del drenaje en concentración de 0,2 g/L, el 18/11/10. El régimen de riego que siguió a la aplicación constó de riegos de aproximadamente 7,5 mm que se realizaron entre 3 y 4 veces por semana los primeros 20 días. La intensidad de los riegos alcanzó los 20 mm entre los días 25 y 50 después de la aplicación. Las lluvias, consideradas dentro del régimen de riego, aportaron entradas mayores de 5 mm los días 12 y 31. En comparación a las otras parcelas, la parcela 1 recibió menos intensidad de entradas, debido al menor caudal de sus aspersores (figura 4.65).

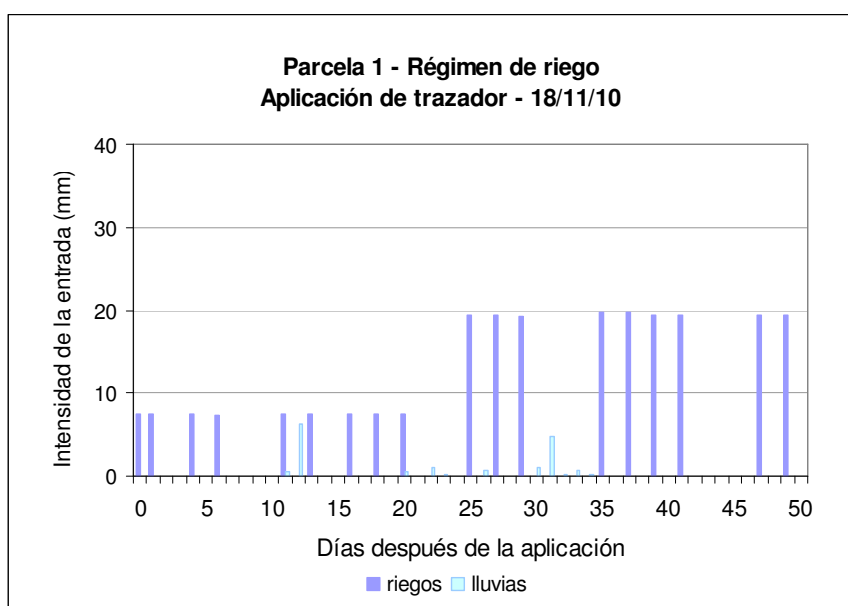


Figura 4.65 Parcela 1 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (18/11/10)

Las muestras de agua del drenaje fueron analizadas detectándose la presencia de trazador los días, 42 y 43 después de la aplicación, después del incremento de la intensidad de los riegos y no volvió a ser detectado hasta el final de la experiencia (figura 4.66). Los resultados de esta aplicación apuntan a una retención del trazador en la zona doblemente enmendada, cuyas enmiendas muestran retención del trazador en las parcelas 2 y 3.

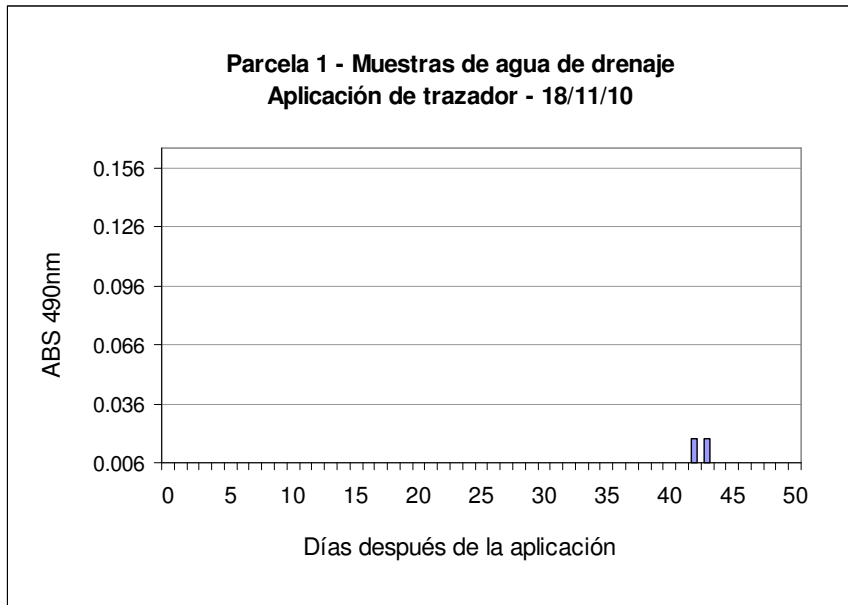


Figura 4.66 Parcela 1 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (18/11/10)

En la segunda aplicación de trazador (12/01/11), la concentración se incrementó a 1 g/L para mejorar su detección. El régimen de riego, esquematizado en la figura 4.67, consistió en entradas de 6,17 mm (promedio) entre 3 y 4 veces por semana los primeros 30 días. Las lluvias entre los días 15 y 19 después de la aplicación reemplazaron los riegos esa semana. A partir del día 33, se deseó forzar la salida del trazador generando lavados de 100 mm en la zona de la aplicación al no detectarse un incremento de la intensidad de la absorción de la fluoresceína en las muestras de agua, señal de una posible retención del trazador. Mayor número de lavados no fueron aplicados debido a que la calidad de la hierba se resintió.

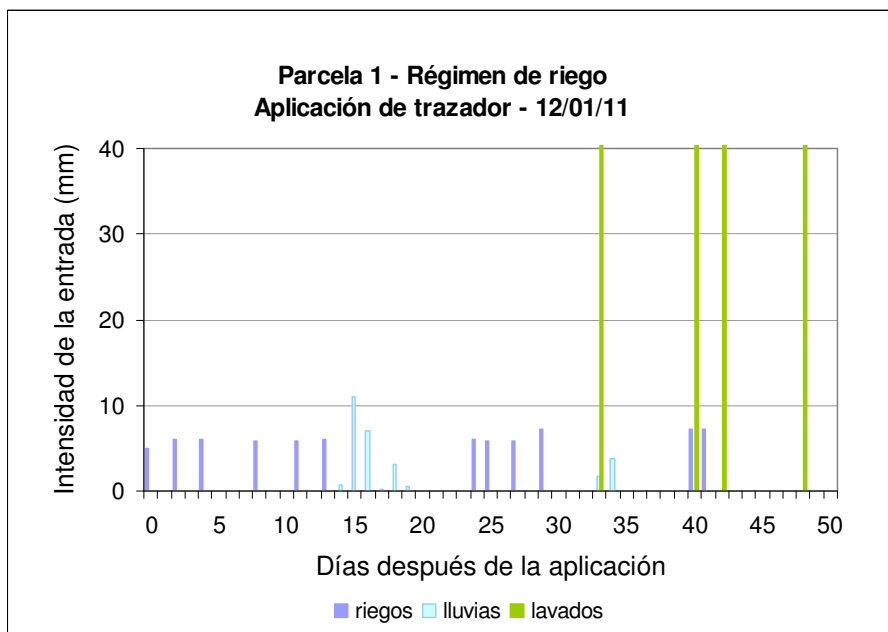


Figura 4.67 Parcela 1 – Régimen de riego después de la aplicación del trazador (12/01/11)

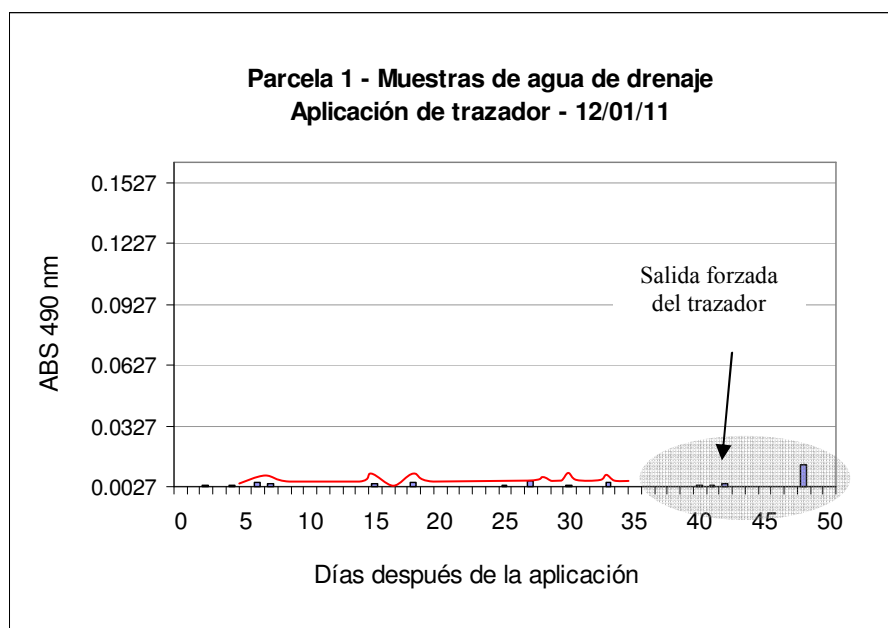


Figura 4.68 Parcela 1 – Absorbancia a 490 nm del agua de drenaje (12/01/11)

La absorción de la fluoresceína a 490 nm (figura 4.68) no se incrementó, señal de que gran parte del trazador queda retenido en las enmiendas. La salida del trazador se inició antes que en la primera aplicación (día 2) aunque su señal sólo alcanzó valores mínimos, en nada comparables a los obtenidos en otras parcelas; sólo después del cuarto lavado se obtuvo una absorción aceptable, con lo que se asumió que el trazador queda retenido en el perfil.

La falta de curva de ruptura en la parcela 1 impide confirmar el flujo predominante mediante trazadores, aunque la activación del flujo pistón en la zona superficial y una zona inferior de la parcela similar a la parcela 4 y de similar nivel de humedad, inclinan a pensar que también presenta un frente uniforme.

Las figuras 4.69 a 4.72 presentan un resumen de las características de los perfiles que aportan en la elaboración del modelo conceptual de flujo.

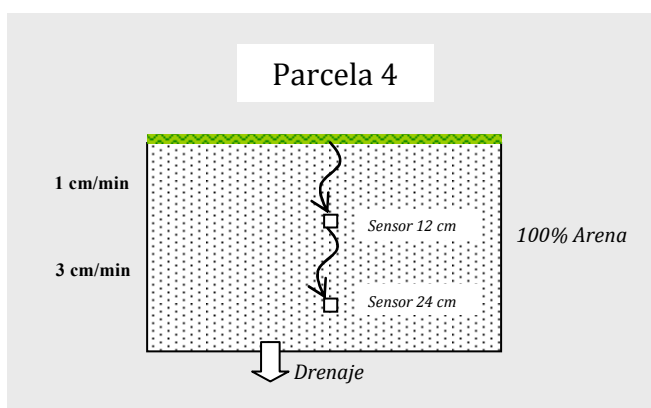


Figura 4.69 Parcela 4 - Perfil del sustrato y velocidad del frente de humedad

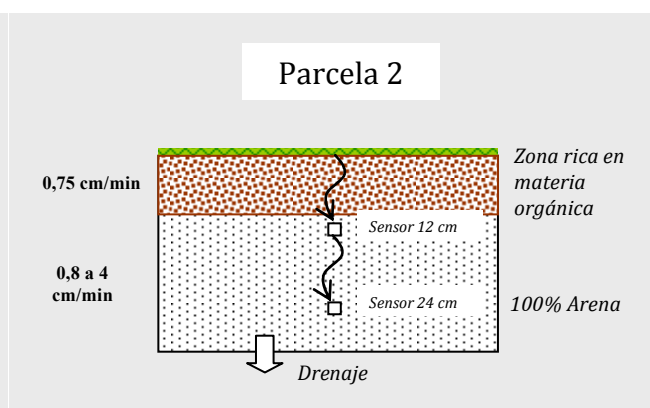


Figura 4.70 Parcela 2 - Perfil del sustrato y velocidad del frente de humedad

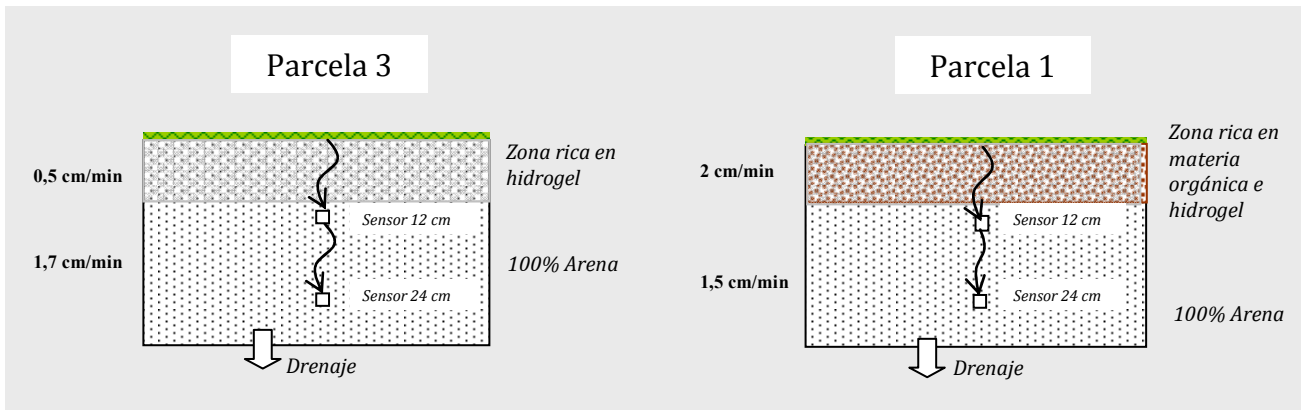


Figura 4.71 Parcela 3 - Perfil del sustrato y velocidad del frente de humedad

Figura 4.72 Parcela 1 - Perfil del sustrato y velocidad del frente de humedad

4.7. Modelo conceptual de flujo

En una agricultura intensiva y exigente como la que se da en los campos de golf y sobretodo en los greens, resulta muy importante conocer cómo se distribuye el agua en el suelo para optimizar su uso y conseguir un nivel de calidad de hierba elevado. Este conocimiento se puede conseguir mediante un estudio concienzudo de las características hidráulicas del suelo que subyace el campo, que, por lo general, no se realiza. El uso de modelos matemáticos es una alternativa que puede resultar válida para simular el movimiento de agua en condiciones reales de mantenimiento y evaluar los efectos que ellas puedan tener sobre el cultivo, el suelo y el medio ambiente.

El flujo del agua en el suelo no es fácil de medir o representar con exactitud pues corresponde a un proceso natural que está sujeto a variaciones espaciales y temporales. Para su correcta representación los retos son determinar un modelo conceptual consistente y la introducción de parámetros que describan correctamente las propiedades hidrológicas del suelo y los procesos que en él ocurren (Paiva y Gentry, 2011).

Los modelos basados en la ecuación de Richards son ampliamente utilizados en la investigación (Arbat et al., 2003, 2007; Rubio et al., 2005; Selle et al., 2007; Jiménez-Martínez et al., 2009; McCoy y McCoy, 2009; Jiang et al., 2010; Paiva y Gentry, 2011; Soyulu et al., 2011; Sun, 2011; entre otros). La ecuación de flujo de Richards, en la que muchos modelos de simulación están basados, aplica para condiciones de flujo uniforme, aunque en la realidad se ha observado que el flujo preferencial se produce simultáneamente bajo variedad de circunstancias como baja humedad inicial, incremento abrupto en la conductividad hidráulica, compresión de aire causada por el frente de humedad, presencia de materia orgánica, repelencia al agua del suelo, etc., (Feddes et al., 1988; Liu et al., 1994a; Bauters et al., 1998; Dekker y Ritsema, 2000; Ritsema et

al., 2001; Selle et al., 2007), muchos de estos casos y sus mecanismos se abarcan de manera profunda en los artículos de Hendrickx y Flury (2001), Jarvis (2007) y Köhne et al. (2009a).

Los modelos basados en la ecuación de Richards que incluyen explícitamente el flujo preferencial representan de manera más realista el flujo del agua en el suelo aunque la parametrización resulta aún más difícil. La idoneidad de los modelos basados en la ecuación de Richards puede ser obtenida por comparación con los resultados reales de experiencias de investigación en las que el uso de lisímetros permite obtener resultados similares a las condiciones de campo (Bond, 1998; Selle et al., 2007).

En el trabajo de Selle et al., (2007), el modelo HYDRUS 1D de flujo unidimensional de Richards se considera que representa apropiadamente el flujo en el sustrato arenoso; igual buena correlación encuentran Sun (2011) en suelos franco arenosos con cultivo de césped y McCoy y McCoy (2009) en los sustratos de base arenosa de greenes arenosos y tipo USGA.

En la presente investigación realizada en condiciones de campo se ha encontrado que en los sustratos predomina el flujo uniforme en las parcelas 1, 3 y 4 mientras que en la parcela 2, el flujo predominante es preferencial, por lo que se espera que el modelo HYDRUS 1D basado en la ecuación de Richards represente peor el comportamiento del agua en esta última parcela.

El modelo HYDRUS 1D, seleccionado para la simulación del flujo unidimensional del agua en las parcelas del green experimental, en el que se profundiza en el siguiente capítulo, pertenece a una familia de modelos numéricos que resuelven la ecuación de Richards utilizando el método de elementos finitos lineales. Este modelo permite simular también el flujo de calor y el transporte de múltiples solutos en suelos (Šimůnek y van Genuchten, 1999; Šimůnek et al., 2008a; 2009). Su precisión y representatividad dependen del tipo de problema a modelizar, la solución elegida, la correcta introducción de parámetros que representen correctamente el sistema y las condiciones de contorno.

A la luz de las observaciones realizadas del flujo en las parcelas, el presente estudio toma como premisa que las parcelas están compuestas por capas de sustrato homogéneo e isótropo de 30 cm de espesor total, cuya continuidad se ve rota por la existencia de unas gravas que conectan a un drenaje a presión atmosférica, funcionando las parcelas como lisímetros en los que el flujo hacia el drenaje se puede producir antes de alcanzarse la saturación en la zona profunda.

Se propone que las parcelas están compuestas por 2 capas de entre 10 y 20 cm de espesor como se detalla en la tabla 4.9 debido a la diferencia en la velocidad del frente de agua encontrada entre la zona superficial y profunda de las parcelas, que se explica por la presencia de enmiendas que modifican el comportamiento del agua en las parcelas 1, 2 y 3, pero que se encuentra incluso en la

parcela 100% arenosa (parcela 4). La figura 4.73 esquematiza las capas o secciones propuestas para cada parcela y sus características generales.

Tabla 4.9 Extensión de las capas que componen cada sustrato en la modelización.

Parcela	Extensión de la capa (cm)			
	1	2	3	4
Capa superior	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15
Capa inferior	10 - 30	10 - 30	10 - 30	15 - 30

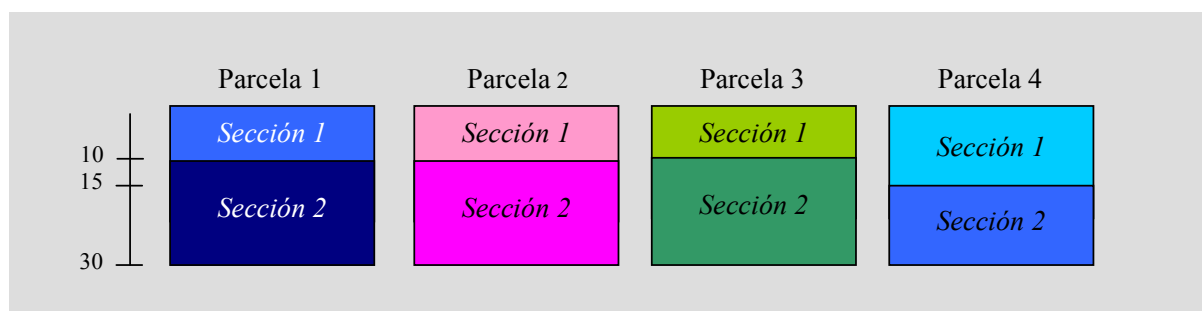
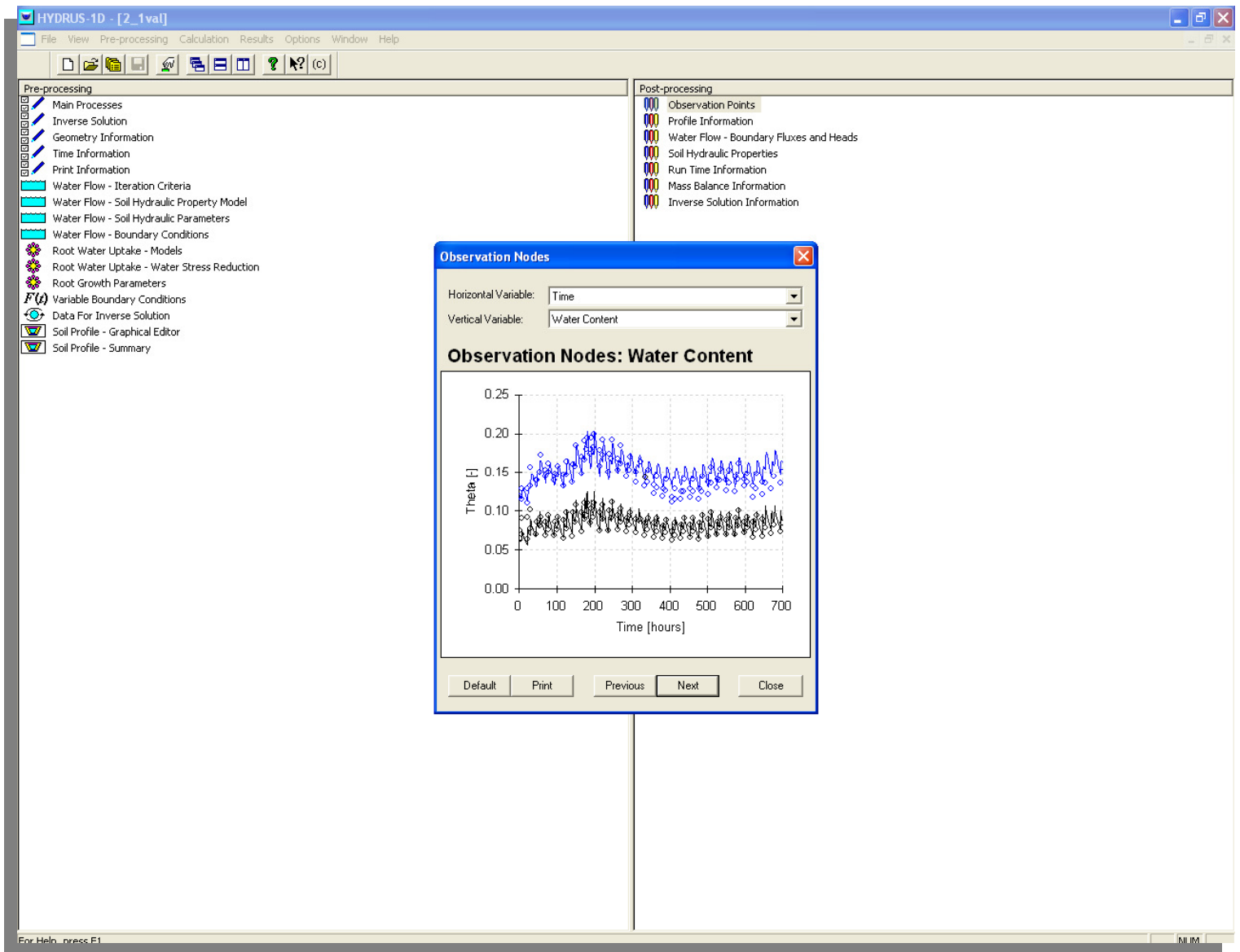


Figura 4.73 Esquema de las capas que componen las parcelas del green experimental

El capítulo siguiente profundiza en las características de las secciones que componen cada parcela que aquí se esbozan de manera general:

- La parcela 4 está compuesta por el mismo material sin embargo muestra dos distintas velocidades de flujo en las secciones 1 y 2, razón por la que, a efectos de la simulación se consideran dos capas con propiedades hidráulicas distintas, probable consecuencia de la condición de contorno de la sección 2. El modelo conceptual para sustrato arenoso de McCoy y McCoy (2009) contempla esta misma división.
- La parcela 3 está compuesta por una capa superior con hidrogel que incrementa la retención de agua en la sección 1, por lo que el flujo en ella más lento que en la parcela arenosa. La sección 2 tiene la misma composición que la parcela 4, sin embargo, recibe menor cantidad de agua por lo que probablemente su comportamiento hidráulico difiera de la parcela 100% arenosa.
- La parcela 2 está compuesta por una capa superior enmendada con turba, que también incrementa la retención de agua en la sección 1 aunque en menor medida que el hidrogel (el flujo es más lento que en la parcela 100% arenosa, pero más rápido que en la parcela 3). La sección 2 tiene la misma composición que la parcela 4, sin embargo, recibe menor cantidad de agua por lo que probablemente su comportamiento difiera de la parcela 100% arenosa.

- La parcela 1 está compuesta por una capa superior enmendada con turba e hidrogel, que mantiene la sección 1 constantemente húmeda en la que la velocidad del frente de humedad es rápida e independiente de la humedad en la zona inferior del perfil. Hay indicios de cierta retención de agua en la sección 1 aunque no llega a afectar notoriamente el agua que alcanza la sección 2. La sección 2 tiene la misma composición que la parcela 4, y recibe similar cantidad de agua de modo que su comportamiento puede ser similar al de la parcela 100% arenosa.



Capítulo 5 – Simulación del flujo hídrico

5.1. Introducción

5.2. El modelo HYDRUS 1D

5.3. Evaluación de la validez del modelo

5.4. Inputs

5.5. Resultados y eficiencia

5.6 Influencia de las enmiendas en el sustrato arenoso según HYDRUS 1D

5.7. Escenarios

5. Simulación del flujo hídrico

5.1. Introducción

Muchos modelos de distinto grado de complejidad han sido desarrollados durante las últimas décadas para cuantificar los procesos físicos y químicos básicos que afectan al flujo del agua y al transporte de contaminantes en la zona no saturada. Estos varían desde simples modelos analíticos y semi-analíticos a programas complejos que toman en consideración un gran número de procesos (Šimůnek y Bradford, 2008). Los modelos matemáticos son herramientas que permiten la investigación y la toma de decisiones en la gestión del agua y sus aplicaciones comprenden, entre otras, conocer la distribución del agua en el suelo (McCoy y McCoy, 2009), calcular la recarga de los acuíferos (Jiménez-Martínez, 2010; Scott et al., 2000; Lu et al., 2011), determinar el transporte y/o la degradación de solutos o contaminantes químicos o biológicos (Jiang et al., 2010; Gärdenäs et al., 2006; Papiernik et al., 2007; Das et al., 2004; Poch et al., 2005; Šimůnek et al., 2006; Pang et al., 2008; Gupta et al., 2012; Elmi et al., 2012; López-Pérez et al., 2006; Sun, 2011; Ventrella et al., 2000; Ríos y Vélez, 2007), estudiar y predecir procesos de salinización (Kanzari et al., 2012a; Gonçalves et al., 2006), valorar el impacto hidrológico de cambios en la cubierta vegetal de los suelos (Nosetto et al., 2012), determinar parámetros hidráulicos y de transporte (Durner et al., 2008; Šimůnek y van Genuchten, 1999; Abbasi et al., 2003, Kodešová et al., 2006; Sarmah et al., 2006), predecir la alteración de la absorción del agua por las raíces al modificar la salinidad del agua de riego (Skagg et al., 2006) y evaluar efectos de un amplio rango de procesos biohidrológicos en el flujo del agua y en el transporte de compuestos químicos y contaminantes, cuyo resumen se puede ver en el trabajo de Šimůnek et al. (2009).

Los modelos presentan un cierto grado de incertidumbre ya que la complejidad del flujo es difícil de representar sin asumir grandes simplificaciones; requieren también la introducción de parámetros que representan las propiedades hidráulicas del suelo cuya medición es difícil y costosa, por lo que generalmente se estiman a partir de bases de datos existentes y de ecuaciones de regresión que relacionan propiedades del suelo con los parámetros hidrogeológicos, las llamadas funciones de edafotransferencia (FETs). Debido a la incertidumbre, más de un modelo y más de un juego de parámetros pueden llevar a simulaciones aceptables (Pachepsky et al., 2004; Beven, 2000). Los modelos también están sujetos a incertidumbre por escalamiento de los resultados y el cambio temporal y espacial de las propiedades hidráulicas debido a que los suelos están expuestos a distintos procesos naturales y de explotación.

En el estudio de la zona no saturada hay una fuerte tendencia al uso de la ecuación de Richards para describir el flujo del agua ya que considera como fuerzas motoras del flujo del agua en el

suelo a la gravedad y al potencial matricial. Los modelos basados en esta ecuación (ec. 26) son ampliamente utilizados en la investigación (Arbat et al., 2003, 2007; Rubio et al., 2005; Selle et al., 2007; Jiménez-Martínez et al., 2009; McCoy y McCoy, 2009; Jiang et al., 2010; Paiva y Gentry, 2011; Soyulu et al., 2011; Sun, 2011; y otros autores mencionados en el primer párrafo). La ecuación de flujo de Richards es válida para condiciones de flujo uniforme, aunque se ha observado (también en la presente investigación) que el flujo preferencial se produce junto al flujo uniforme (Feddes et al., 1988; Liu et al., 1994a, 1994b; Bauters et al., 1998; Dekker y Ritsema, 2000; Ritsema et al., 2001; Selle et al., 2007) bajo variedad de circunstancias cuyos mecanismos se abarcan de manera profunda en los artículos de Hendrickx y Flury (2001); Jarvis (2007) y Köhne et al. (2009a). Los modelos que incluyen explícitamente el flujo preferencial representan de manera más realista el flujo del agua en el suelo aunque su parametrización resulta aún más difícil e incierta (Selle et al., 2007).

La idoneidad de los modelos basados en la ecuación de Richards ha sido evaluada en experimentos controlados en una o más dimensiones dando buenos resultados en gran número de experiencias (Bond, 1998; Selle et al., 2007; Vereecken et al., 2008); a pesar de ello y debido al flujo preferencial casi omnipresente, su conveniencia continúa bajo debate. Actualmente, la representatividad de la ecuación viene siendo corroborada para cada investigación debido a la gran variabilidad de los suelos que son estudiados.

El modelo HYDRUS 1-D fue escogido para la simulación del movimiento vertical del agua en la presente investigación debido a que el flujo en los sustratos de green experimental es predominantemente uniforme en la mayoría de las zonas de las parcelas y a la buena correlación entre los datos experimentales y simulados encontrada por McCoy y McCoy (2009) en greens USGA y 100% arenosos.

5.2. ***El modelo HYDRUS 1D***

El modelo HYDRUS 1D permite la simulación en una dimensión del movimiento del agua, del flujo de calor y del transporte de múltiples solutos en medios cuyo grado de saturación cambia con el tiempo (Šimůnek et al., 2009). El modelo resuelve la ecuación de Richards de flujo vertical (ecuación 26) mediante las soluciones de Brooks y Corey o van Genuchten para el flujo y la de Mualem para la conductividad hidráulica.

La solución de la ecuación de Richards propuesta por van Genuchten (1980, 1987) relaciona la humedad y el potencial del suelo mediante la ecuación 33.

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \frac{1}{[1 + (\alpha h)^n]^m} \quad (33)$$

donde

θ_r : humedad irreductible, θ_s : humedad en saturación, h : potencial matricial (se toma como positiva la succión) y α, n, m son valores empíricos que afectan la forma de la curva de retención (como simplificación se asume que $m=1-(1/n)$).

La conductividad hidráulica no saturada $K(\theta)$ está representada por la ecuación (34) (Mualem, 1976).

$$K(\theta) = K_s S_e^L \left[1 - (1 - S_e^{1/m})^m \right]^2 \quad (34)$$

donde,

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

S_e corresponde al grado efectivo de saturación o contenido reducido de agua, K_s representa la conductividad hidráulica en saturación y L es un parámetro empírico relacionado con la conectividad entre los poros.

El modelo HYDRUS 1D incluye el término “sumidero” en la ecuación de Richards para considerar la absorción del agua por el sistema radicular en función del estrés hídrico y/o salino. Se introduce mediante este término un modelo de respuesta de la planta a la humedad del suelo.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K \left(\frac{\partial h}{\partial x} + 1 \right) \right] - S \quad (35)$$

5.2.1. Parámetros hidráulicos

Los términos θ_r , θ_s , α , n , L y K_s son los llamados parámetros hidráulicos, valores (algunos empíricos) que determinan la forma de la curva de retención y la conductividad hidráulica, bases de la ecuación de flujo insaturado de Richards.

θ_r , θ_s , representan los límites de humedad entre los que se encuentra la curva de retención. Estos términos corresponden a los valores de humedad residual (potencial de -10000 cm en el modelo) y a saturación (potencial es 0 cm), respectivamente.

El valor de α está relacionado con la inversa del potencial de entrada de aire. Un valor alto de α (por ejemplo para gravas y arenas) implica que los suelos se desaturan rápidamente a pequeños valores de succión, mientras que un valor bajo (por ejemplo para arcillas) indica una desaturación lenta a medida que la succión se incrementa.

El valor de n está relacionado con la distribución del tamaño de los poros y se refleja en la pendiente de la curva de retención. Las curvas de retención de los suelos de texturas gruesas generalmente tienen pendientes más empinadas y mayor valor de n .

K_s es el valor de la conductividad hidráulica cuando el sustrato está saturado. Es el valor máximo de la curva de conductividad.

El parámetro L está relacionado con la conectividad entre los poros. Con el objetivo de simplificar la parametrización, se le atribuye el valor de 0,5 obtenido a partir del promedio de los valores determinados para muchos suelos (Mualem, 1976). Investigadores como Sun (2011) y Schaap y Leij (2000) recomiendan el valor -1 como apropiado para la mayoría de las texturas pero en la presente investigación no se contempla fijar este valor.

Dependiendo del modelo conceptual, HYDRUS 1D requiere la introducción de uno o varios juegos de parámetros hidráulicos que representen el flujo en el suelo sujeto de investigación. La consecución de estos juegos de parámetros es en general difícil y costosa por lo que generalmente se estiman a partir de las llamadas funciones de edafotransferencia (FETs).

5.2.1.1. Funciones de edafotransferencia

Las funciones de edafotransferencia (*FET*) se denominan así porque transforman propiedades de los suelos fácilmente medibles en parámetros hidráulicos (Schaap et al., 2001).

Se pueden distinguir 2 categorías de *FET*, las que utilizan técnicas estadísticas de regresión y las que utilizan redes neurales artificiales y tratamientos de bases de datos (Vereecken et al., 2010). En las primeras, los parámetros hidráulicos son determinados mediante ecuaciones de regresión lineal y no lineal que relacionan los datos de textura, densidad aparente y/o contenido de materia orgánica (y algún otro que resulte relevante) con valores de humedad cuando el potencial es conocido, es decir, ciertos puntos de la curva de retención. Generalmente tienen la forma:

$$\theta(\psi) = a*S + b*Si + c*C + d*MO + \dots + x*X \quad (36)$$

donde S , Si , C y MO son el contenido de arena, limo, arcilla y materia orgánica, respectivamente; X puede ser alguna característica que el autor de la *FET* considere necesaria. Los parámetros a , b , c , d y x pueden ser desde un valor a una función que relacione la característica del suelo con el punto de la curva de retención. Estos parámetros varían mucho dependiendo de los autores y del modelo conceptual que desarrollen para sus *FET* (Wösten et al., 2001)

Las redes neurales no requieren una ecuación de cálculo previamente establecida sino que utilizan procedimientos de calibración iterativos para relacionar las características de los suelos con las propiedades hidráulicas de sus bases de datos; como resultado, se aprovechan mejor los datos introducidos.

Los programas *ROSETTA* y *RETC* son programas basados en *FETs* de redes neurales, ampliamente usados en la modelización. Ellos utilizan distintas bases de datos dependiendo de la

profundidad del conocimiento de las características del suelo (calidad de inputs). En la bibliografía citada en el presente capítulo, Scott et al. (2000), Poch et al. (2005), Jiang et al. (2010), Jiménez-Martínez (2010), Nosetto et al. (2012), Kanzari et al. (2012a, 2012b), entre otros, recurrieron a la función *ROSETTA* para la estimación inicial de los parámetros hidráulicos. Rubio et al. (2005), Sun (2011) y Lu et al. (2011) utilizaron el código *RETC*.

Muchos modelos presentan módulos de calibración automática que determinan los parámetros hidráulicos a partir de datos reales de campo o laboratorio mediante el procedimiento matemático conocido como calibración (o solución) inversa. Algunos autores (Jacques et al., 2002; Wang et al., 2003; Pachepsky et al., 2004) aseveran que los parámetros estimados por las funciones de edafotransferencia son más bien referencias de partida en la calibración de los modelos cuando se cuenta con datos reales con los que se puede utilizar la solución inversa, de hecho, la mayoría de los investigadores citados recurren a la solución inversa encontrando mejor correlación del modelo con los datos reales.

5.2.1.2. Solución inversa

La solución inversa estima los parámetros hidráulicos a partir de datos reales del sistema como mediciones de humedad, potencial y flujos como la evapotranspiración o el drenaje. En este proceso los parámetros hidráulicos son ajustados repetidamente en la ecuación de flujo de Richards, hasta minimizar la diferencia entre los valores observados y modelizados (Šimůnek et al., 2009). Muchas veces los parámetros calculados por la solución inversa representan mejor el flujo en el sistema que los estimados por las funciones de edafotransferencia, incluso que los parámetros medidos bajo condiciones y escala de laboratorio (Vrugt et al., 2008; McCoy y McCoy, 2009).

El desarrollo tecnológico actual ha incrementado la capacidad de medición de la humedad y el potencial en el suelo lo que promueve el uso de la solución inversa. Vereecken et al. (2008) plantean si es posible determinar los parámetros hidráulicos de los suelos únicamente a partir de los datos de variación de la humedad visto el gran desarrollo en la medición en escala temporal y espacial con métodos remotos o de contacto.

La solución inversa será utilizada en el presente estudio con el fin de afinar los parámetros proporcionados por *ROSETTA* a partir de los datos reales de humedad y drenaje, como se recomienda para mejorar la eficiencia de la predicción.

5.2.2. Parámetros de absorción de agua

La absorción de agua por las raíces es un importante flujo que tiene impacto sobre la recarga y el contenido de humedad en el perfil del suelo; se ha encontrado que también tiene impacto en el transporte de solutos (Vereecken et al., 2008; Vogeler et al., 2001).

La absorción de agua por las raíces está representada en el término sumidero $S(z,t)$, de la ecuación 35, base del modelo HYDRUS 1D. Este término depende de la profundidad de las raíces (cuyo seguimiento se realizó durante la investigación, anexo A) y del potencial de absorción de la planta (ecuación 37).

$$S(h) = \alpha(h)S_p \quad (37)$$

En esta ecuación S_p es la absorción (máxima) potencial y $\alpha(h)$ es la función de respuesta del cultivo al estrés hídrico ($0 \leq \alpha \leq 1$) que representa la reducción en la absorción cuando la planta se somete a estrés por defecto o exceso de agua en el suelo.

Cuando las condiciones de humedad son óptimas, la absorción de agua por las raíces es máxima ($\alpha = 1$), cuando el suelo se encuentra seco o muy húmedo, las plantas se encuentran bajo estrés y las raíces no pueden absorber suficiente agua ($\alpha < 1$), finalmente, cuando la humedad se encuentra por debajo del punto de marchitamiento o es excesiva, α es igual a 0.

El modelo de Feddes et al. (1978) que presenta HYDRUS 1D postula que α varía su valor entre los potenciales: punto de marchitamiento y excesiva humedad donde $\alpha = 0$, e inicio y fin de potencial de óptima absorción donde $\alpha = 1$, de manera lineal.

En su investigación Jiménez-Martínez (2010) y Jiang et al. (2010) utilizan los valores de α de la base de datos contenida en HYDRUS 1D para los cultivos de su investigación. Sun (2011) también utiliza los parámetros del programa para el césped (tabla 5.1), que también han sido utilizados en la presente investigación con el objetivo de comparar el efecto del sustrato sobre la absorción del agua por las raíces.

Tabla 5.1 Parámetros de Feddes en el modelo HYDRUS 1D para el césped

Cultivo	Potencial (hPa)				
	h_1	h_2	H_{2H}	H_{2L}	h_4
Césped	-1	-7	-240	-360	-1600
α	0	1	Permite una absorción máxima de 5 mm/día	Permite una absorción máxima de 1 mm/día	0

5.2.2.1. Evaporación o Transpiración

El modelo HYDRUS 1D requiere la introducción de los valores de la transpiración y evaporación potencial para calcular los valores reales de transpiración y evaporación basados en la disponibilidad de agua en el perfil del suelo. La obtención de estos datos es difícil ya que se dispone de datos de evapotranspiración y no de sus componentes por separado. HYDRUS 1D se focaliza sólo en el flujo y el transporte de solutos en el suelo y no calcula la evapotranspiración potencial en evaporación y transpiración potencial por separado.

Una manera de calcular la evaporación ($E_p(t)$) es mediante la ecuación 38, que la relaciona con la evapotranspiración ($ET_p(t)$) mediante el coeficiente de extinción de radiación (β) y el índice de área foliar (LAI)

$$E_p(t) = ET_p(t) * e^{-\beta * LAI} \quad (38)$$

Investigadores como Pachepsky et al. (2004) y Jiang et al. (2010) atribuyen a β un valor de 0,6; Jiménez-Martínez (2010) lo sitúa alrededor de 0,4 y Kroes y van Dam (2003) mencionan que dependiendo del tipo de cultivo, el coeficiente varía entre 0,4 y 1,1. Por otro lado, distintos valores de índice de área foliar son atribuidos al césped: Hay y Porter (2006) le atribuyen un valor de 3; Jiang et al. (2010) utilizan un valor de 2 en su modelización y Anwar et al. (2012) determinaron valores de LAI entre 1,11 y 1,95 para céspedes perennes. El valor de LAI se ve afectado por las elevadas temperaturas y la altura de corte del césped como refieren en su investigación Su et al. (2007) y Johns (1980) por lo que se concluye que no se cuenta con valores fiables para el cálculo de la evaporación por esta vía.

Jiménez-Martínez (2010) propuso en su investigación con cultivos de estación que la evaporación y la evapotranspiración se relacionan de acuerdo al estado de desarrollo de la planta, siendo iguales cuando el suelo no cuenta con cobertura vegetal (a la siembra) y al alcanzar la planta su máximo desarrollo se atribuye el valor cero (0) a la evaporación y se asume que el 100% de la evapotranspiración corresponde a la transpiración. De acuerdo con este razonamiento y al estar el green completamente establecido, puede resultar aceptable asumir en el modelo que el 100% de la evapotranspiración se debe a la transpiración de la hierba. Sun (2011) también descuenta la evaporación en su tesis doctoral al considerar que el suelo se encuentra completamente cubierto de césped. Asumir que la evapotranspiración se debe sólo a la transpiración de la hierba es una simplificación que aporta incertidumbre a los resultados del modelo sobretodo cuando la altura de corte del césped es tan reducida como en un green; es, sin embargo, defendible debido a la elevada tasa de infiltración de los sustratos del green experimental que permiten que el agua se

infilte y no quede cerca de la superficie y a la sensibilidad que ha demostrado la hierba a los niveles de humedad de los sustratos.

La introducción de los valores reales de evapotranspiración permitirán adjudicar a la evaporación la diferencia entre la evapotranspiración real y la transpiración calculada a partir del modelo de Feddes et al. (1978) para la absorción radicular.

5.3. Evaluación de la validez del modelo

La validez del modelo se deriva de su capacidad de representar el proceso natural del flujo del agua en los sustratos.

El modelo HYDRUS 1D permite presentar los valores de la solución de van Genuchten a distintas profundidades - nodos de observación - que se han hecho coincidir con la ubicación de los sensores a 12 y 24 cm que proporcionan los valores reales de humedad. La comparación de la predicción del modelo en estos nodos (P) y los valores observados (O) proporcionan índices de la eficiencia del modelo, que se detallan a continuación.

Fox (1981) y Willmott (1982) recomiendan 4 expresiones que pueden ser medida de la representatividad de un modelo, siendo las mejores, el error medio absoluto (MAE, ecuación 39) y el error cuadrático medio (RMSE, ecuación 40).

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |O_i - P_i|}{N} \quad (39)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{N - 1}} \quad (40)$$

donde O_i corresponde al dato observado, P_i es el valor de la predicción y N es el número de datos con que se realiza el cálculo.

La bibliografía consultada proporciona otras expresiones de la representatividad del modelo. McCoy y McCoy (2009) presentan en su artículo, además del error medio absoluto (MAE) y el error cuadrático medio (RMSE), la eficiencia del modelo (E) como medida de la representatividad del modelo (ecuación 41):

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2} \quad (41)$$

Otros autores como Jiang et al. (2010) y Gupta et al. (2012) utilizaron el coeficiente de determinación (r^2) para representar la eficacia del modelo, pese a no estar recomendado para este efecto.

Debido a la diversidad de fórmulas que se utilizan para calcular la eficiencia del modelo y con el objetivo de comparar los resultados con los de otros investigadores, se presentará la eficiencia de la simulación utilizando algunas de estas expresiones.

5.4. Inputs

El programa HYDRUS 1D requiere seleccionar la ecuación a utilizar en la modelización, establecer la geometría de la columna de suelo, el número de secciones en las que resolverá la ecuación de flujo, los parámetros hidráulicos, el perfil de humedad inicial del suelo, las condiciones y flujos en los bordes superior e inferior, entre otros datos. La figura 5.1 muestra la ventana inicial del modelo: en el lado izquierdo se encuentran las ventanas de requerimientos de datos y en el lado derecho las ventanas en las que se recogen los resultados.

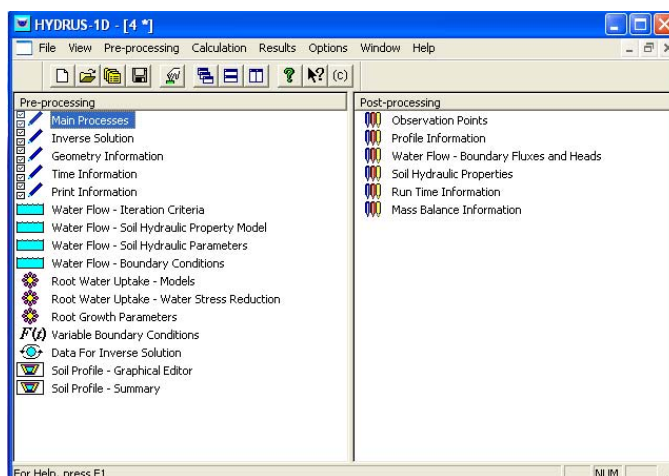


Figura 5.1 Modelo Hydrus 1D– pantalla introductoria

Los siguientes epígrafes presentan las consideraciones tomadas en la selección de las condiciones de modelización y en la introducción de datos al modelo.

5.4.1. Asunciones iniciales

En la presente modelización con HYDRUS 1D se asumen las siguientes simplificaciones:

- El suelo es homogéneo
- El flujo predominante es el flujo uniforme de Richards
- La fase gaseosa no afecta los procesos de flujo del agua
- El flujo del agua debido al gradiente térmico es despreciable

En base a estas consideraciones se han seleccionado en el programa la modelización del flujo del agua y de la absorción de agua por las raíces, y el uso de la solución inversa para la determinación de los parámetros hidráulicos de los sustratos. Las ecuaciones a utilizar son la solución de van Genuchten para el flujo y de Mualem para la conductividad hidráulica.

5.4.2. Geometría de los perfiles

El modelo aplicado en todas las parcelas del green experimental representa el flujo unidimensional del agua en un perfil de 30 cm, compuesto por dos capas de distinto espesor para cada parcela, que limita en la zona superior con la atmósfera y en la zona inferior con gravas conectadas a un drenaje a presión atmosférica.

A pesar de haber postulado, a partir de observaciones físicas y de las medidas de humedad, que en las parcelas 1, 2 y 3 las capas superficiales tienen 10 cm de espesor y al no contar con datos de sensores en esta zona, se asumirá para la siguiente modelización que las enmiendas ubicadas en su mayoría entre 0 y 10 cm, atribuyen a toda la franja entre 0 y 12 cm (donde se encuentra el sensor) las mismas propiedades hidráulicas. En el caso de la parcela 4 se mantiene para la modelización las capas de 0 a 15 y de 15 a 30 cm.

5.4.3. Las condiciones de contorno

Los límites superior e inferior en el modelo pretenden representar lo más fielmente posible las condiciones reales de las parcelas.

Límite superior

Para el límite superior de los modelos se eligió la condición de límite atmosférico con capa superficial (*atmospheric boundary condition with surface layer*) ya que las parcelas están abiertas a las condiciones atmosféricas y su elevada tasa de infiltración permite, incluso bajo lluvia intensa, la infiltración total del agua en el perfil. En esta condición, la altura del agua en la superficie se incrementa debido a las precipitaciones y se reduce de acuerdo a la infiltración y evaporación.

Implementar esta condición requiere especificar el riego y la precipitación de manera horaria, lo que fue posible gracias a la programación de los riegos y los datos pluviométricos horarios de la estación meteorológica. La evapotranspiración real calculada en el capítulo 3 fue atribuida a la transpiración según el razonamiento del punto 5.2.2.1, considerándose constante entre las 9 y 21 h. El dato de la profundidad de las raíces, medido periódicamente durante la investigación, fue también introducido en el modelo. Los datos introducidos en cada parcela se encuentran presentes en el anexo D.

Límite inferior

La condición de límite inferior se derivó inicialmente del diseño constructivo, similar a un lisímetro en el que la parte inferior de la columna de suelo está expuesta a una barrera capilar (gravas) y a la atmósfera (el drenaje por gravedad de una columna de suelo finita).

En el modelo esta condición supone la ausencia de drenaje hasta que se alcanza un determinado valor de potencial por encima del cual el agua fluye y que representa el efecto de la barrera capilar que establecen las gravas entre la arena y el drenaje. Este tipo de condición de contorno se usa a menudo en lisímetros y corresponde a la opción *seepage* en el menú del modelo.

Los valores de humedad aproximados en los que se inicia el drenaje se obtuvieron durante unas pruebas de agotamiento en las que se obtuvieron el tiempo y la humedad a 24 cm a la que se inicia el drenaje para riegos de 5, 10 y 15 mm. Se observó que el drenaje se produce en rangos de humedad amplios en todas las parcelas (tabla 5.2). La opción *seepage* es rígida en cuanto al potencial de drenaje y no consigue por esto simular adecuadamente la variación de la humedad ni el drenaje reales, razón por la cual se utilizó la opción *Free drainage* pese a no estar en consonancia con el diseño constructivo. Esta opción permite el drenaje en varios rangos de humedad como sucede en la realidad.

Tabla 5.2 Humedad a 24 cm cuando se inicia el drenaje

Humedad a 24 cm a la que se inicia el drenaje (%)				
Parcela	1	2	3	4
$\theta_{24\text{ cm}}$	9,13 – 20,7	6,04 – 8,84	9,8 – 12,0	14,5 – 19,6

5.4.4. Periodo de modelización (calibración)

La presencia de los flujos preferencial y uniforme en condiciones reales concede una especial importancia a la elección del periodo de calibración ya que se corre peligro de calibrar el modelo utilizando datos provenientes de ambos flujos, sin representar bien ninguno de ellos, comprometiendo la eficiencia del modelo. En el periodo seleccionado para la calibración el riego mantuvo las condiciones que favorecen el flujo uniforme, que es el que representa la solución de van Genuchten. En las figuras 4.18, 4.19, 4.34, 4.35, 4.48, 4.49, 4.59, y 4.60 del capítulo anterior se observa que el flujo uniforme se ve favorecido aproximadamente a partir de los valores de humedad de la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Humedad aproximada en la que se favorece el flujo uniforme

Humedad a la que el flujo uniforme es predominante (%)				
Parcela	1	2	3	4
$\theta_{12\text{ cm}}$	> 8	2 flujos	> 7	> 9
$\theta_{24\text{ cm}}$	> 13	2 flujos	> 11	> 15

Se ha elegido para la calibración el periodo comprendido entre el 1 y el 30 de julio de 2010 para las parcelas 1, 2 y 4 y entre el 5 de abril y el 4 de mayo de 2011 en la parcela 3. En el primer caso, a pesar de la elevada evapotranspiración del verano, la humedad en el perfil se mantuvo constante para garantizar la calidad del césped, en el caso de la parcela 3, al no contar con datos de los sensores a 12 y 24 cm en el verano de 2010 se ha optado por un periodo en el que el suelo se mantuvo húmedo por la realización de pruebas con trazadores. La tabla 5.4 reproduce los valores promedio de la humedad a 12 y 24 cm del punto 3.3.2.2.

Tabla 5.4 Humedad promedio durante el periodo de calibración

Humedad promedio (%)				
Parcela	1	2	3	4
$\theta_{12\text{ cm}}$	10,61	8,37	9,26	11,76
$\theta_{24\text{ cm}}$	21,24	15,07	13,24	21,55

5.4.5. Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos para el sustrato 100% arenoso (parcela 4) fueron estimados con el programa ROSETTA a partir de los datos texturales y de la densidad aparente del sustrato (fuera de la zona radicular). Los valores obtenidos se presentan en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Parámetros hidráulicos para sustrato arenoso - ROSETTA

Parámetros hidráulicos de la parcela 4 - ROSETTA					
θ_r	θ_s	$\alpha\text{ (cm}^{-1}\text{)}$	n	$K\text{ (cm/h)}$	L
0,0504	0,3284	0,0312	4,1068	41,9845	-0,8388

En el caso de las parcelas 1 a 3 los parámetros de las capas superficiales, enmendadas con materia orgánica y/o hidrogel, fueron también estimados por el programa ROSETTA (tabla 5.6) mientras que a las capas profundas (arenosas) se atribuyeron los mismos valores obtenidos para el sustrato 100% arenoso.

Tabla 5.6 Parámetros hidráulicos para las zonas enmendadas

Parámetros hidráulicos de las parcelas 1 a 3 - ROSETTA						
Parcela	θ_r	θ_s	$\alpha \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	n	$K \text{ (cm/h)}$	L
1	0,0543	0,3942	0,0309	4,4947	60,9381	-0,852
2	0,0548	0,4176	0,0323	4,3082	62,6309	-0,8364
3	0,049	0,3015	0,0313	3,8940	32,5828	-0,7948

Los parámetros estimados por el programa ROSETTA generaron simulaciones poco congruentes con el flujo real por lo que, al igual que otros investigadores (Scott et al., 2000; McCoy y McCoy, 2009; Jiménez-Martínez, 2010; Sun, 2011; Gupta et al., 2012; Kanzari et al., 2012a, entre otros) se utilizó la solución inversa para calibrar el modelo. En la solución inversa se introducen en el programa los datos reales de humedad y drenaje acumulado para cada parcela. Cabe mencionar que, en general, los parámetros hidráulicos que arroja ROSETTA se consideran como puntos de partida para la calibración con valores reales. McCoy y McCoy (2009) incluso determinaron la curva de retención de sus sustratos e introdujeron los parámetros medidos como referencia para luego aplicar la solución inversa.

Los parámetros hidráulicos finalmente obtenidos figuran en la tabla 5.7; los valores reales de humedad y drenaje acumulado introducidos para las parcelas se encuentran en el anexo D.

Tabla 5.7 Parámetros hidráulicos obtenidos para las parcelas 1 a 4

Parcela	Tramo	θ_r	θ_s	$\alpha \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	n	$K \text{ (cm/h)}$	L
1	0 – 12	0,05067	0,3516	0,06049	1,543	594,50	-5,0
	12 – 30	0,05457	0,45	0,04743	1,380	89,68	-0,1317
2	0 – 12	0,020	0,2907	0,06393	1,571	123,6	-1,861
	12 – 30	0,030	0,443	0,05731	1,495	54,32	-1,312
3	0 – 12	0,04689	0,4364	0,07406	1,668	427,7	-4,806
	12 – 30	0,04582	0,45	0,05574	1,457	73,32	-1,322
4	0 – 15	0,045	0,30	0,06743	1,605	700,0	-1,920
	15 – 30	0,080	0,40	0,05273	1,500	20,0	-0,04154

Los parámetros θ_r , θ_s , incluso α , guardan cierta similitud con los valores calculados por el programa ROSETTA; por el contrario, n y L son muy distintos de la predicción. Los valores de K_s de las capas superficiales son muy superiores a los valores predichos, mientras que en las capas profundas resultan similares y en algunos casos relativamente cercanos a los valores que arroja la

función de edafotransferencia y a la tasa de infiltración (sustrato saturado) medida en campo en junio de 2010 (tabla 5.8)

Tabla 5.8 Tasa de infiltración de las parcelas

Parcela	Tasa de infiltración (cm/h)
1	22,46
2	36,68
3	63,02
4	97,60

Como se verá más adelante en el análisis de sensibilidad, el parámetro más importante en la predicción es n . El programa ROSETTA ubica los valores arrojados por la solución inversa como propios de suelos limosos, sin embargo, bajo condiciones reales de campo (sistema radicular desarrollado, ligero desarrollo de capas negras en la zona superficial del suelo, etc.) el sustrato arenoso se representa bien con valores bajos de n . McCoy y McCoy (2009), en su calibración para un green experimental sobre sustrato arenoso de granulometría semejante y arenoso enmendado con turba, ya obtuvieron en su calibración valores de n entre 1,67 y 2,00. Sobre los valores de l no se cuenta con referencias bibliográficas.

5.5. Resultados y eficiencia

La introducción de los parámetros hidráulicos obtenidos y de las condiciones de contorno reales en el modelo HYDRUS 1D arrojan simulaciones del flujo de agua, drenaje, absorción de agua por las raíces, entre otras.

El presente trabajo evalúa la eficiencia del modelo durante la calibración en que el riego mantuvo la humedad relativamente constante en un nivel que promueve el flujo uniforme. El modelo se evalúa también bajo condiciones distintas de humedad y frecuencia e intensidad de riegos para determinar si es capaz de representar el proceso natural y su eficiencia (validación). Las condiciones de validación elegidas son las siguientes:

1. Humedad relativamente constante en un nivel de humedad que permite el flujo uniforme y preferencial
2. Humedad variable debido a entradas de frecuencia e intensidad variables.

Se presentan a continuación los resultados de la eficiencia del modelo en estas distintas condiciones.

5.5.1. Calibración

La simulación de la variación de la humedad (línea continua) frente a los valores reales medidos por las sondas (círculos) se aprecia en las figuras 5.2 a 5.9; también se compara gráficamente la relación entre los valores predichos (P) y reales (O) con la recta de coincidencia total ($P/O=1$).

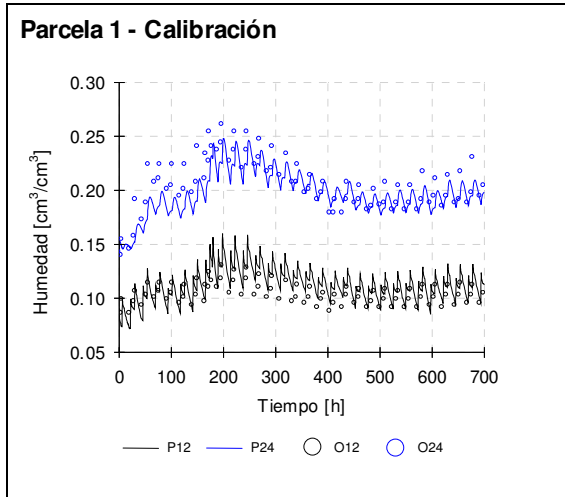


Figura 5.2 Parcela 1 – Humedad real (O) vs Predicción (P)

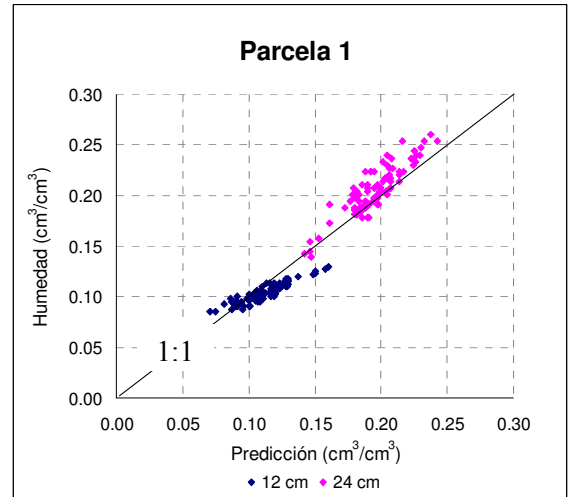


Figura 5.3 Parcela 1 – Humedad real vs Predicción

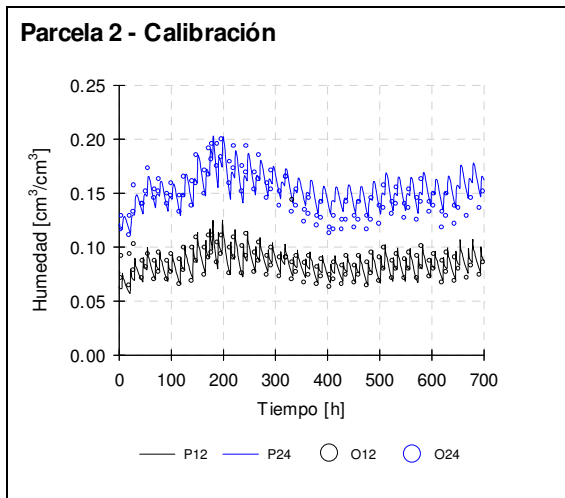


Figura 5.4 Parcela 2 – Humedad real (O) vs Predicción (P)

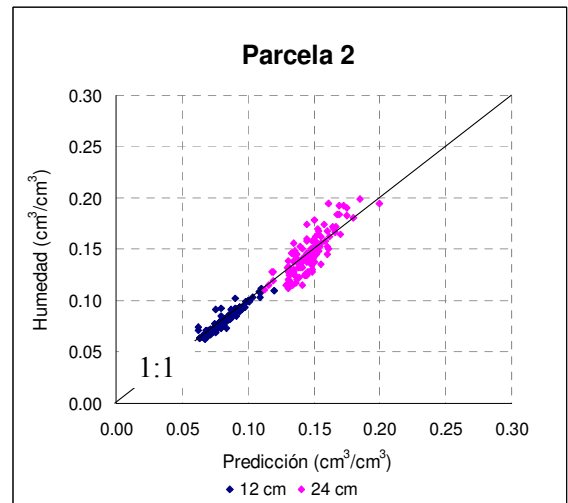


Figura 5.5 Parcela 2 – Humedad real vs Predicción

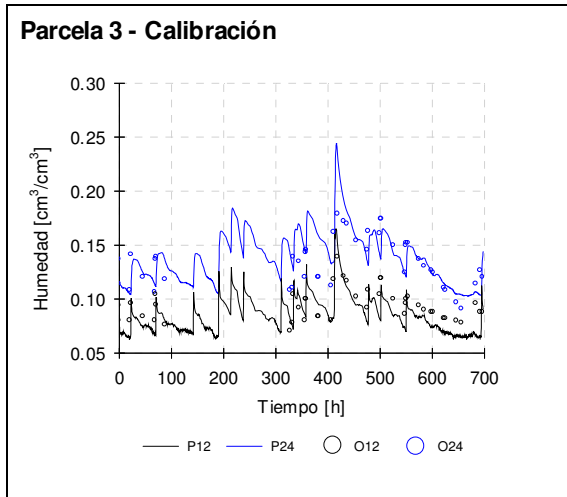


Figura 5.6 Parcela 3 – Humedad real (O) vs Predicción (P)

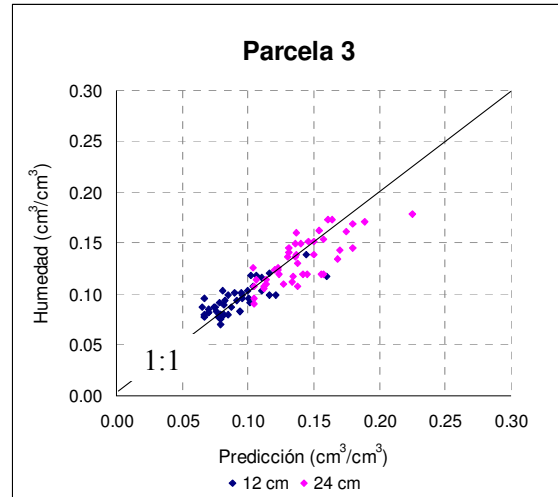


Figura 5.7 Parcela 3 – Humedad real vs Predicción

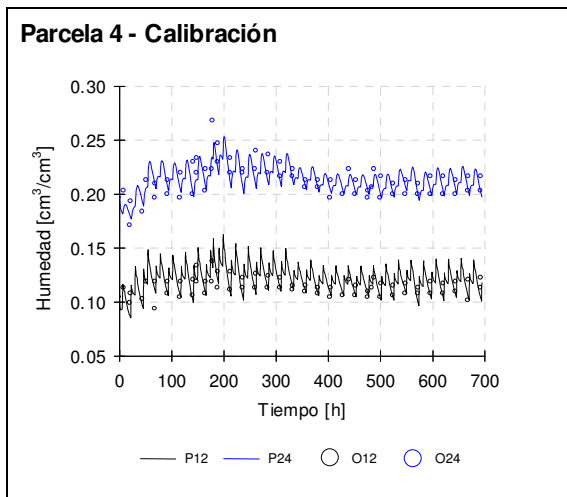


Figura 5.8 Parcela 4 – Humedad real (O) vs Predicción (P)

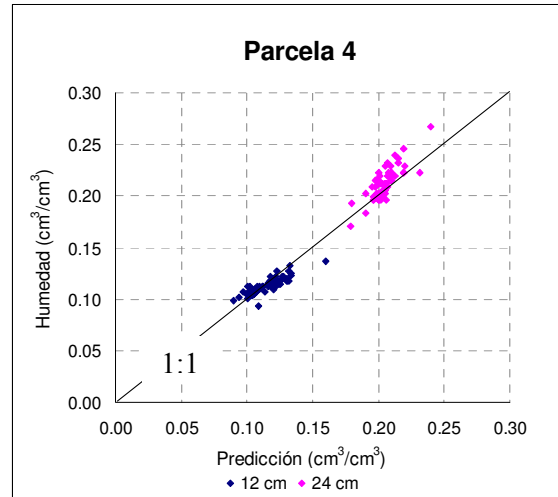


Figura 5.9 Parcela 4 – Humedad real vs Predicción

La eficiencia del modelo en la etapa de calibración se calculó utilizando distintas expresiones con el objetivo de comparar los resultados con los obtenidos por otros investigadores que utilizaron el modelo HYDRUS 1D para la simulación del flujo del agua. Los valores obtenidos para cada parcela se exponen en la tabla 5.9 y la tabla 5.10 resume los indicadores de eficiencia de algunos autores de la bibliografía.

Tabla 5.9 Índices de eficiencia del modelo durante la calibración

Parcela	MAE	RMSE	E	r^2
1	0,010	0,013	0,939	0,9548
2	0,006	0,009	0,936	0,9366
3	0,012	0,016	0,675	0,7955
4	0,007	0,010	0,963	0,9723

Tabla 5.10 Parámetros de eficiencia del modelo HYDRUS 1D en la bibliografía

<i>Autor</i>	<i>MAE</i>	<i>RMSE</i>	<i>E</i>	<i>r²</i>	<i>Observaciones</i>
McCoy y McCoy (2009)	0,012 – 0,024	0,015 – 0,028	0,33 – 0,78		
Jiménez-Martínez (2010)	0,024	0,029		0,90	Calibración
Jiménez-Martínez (2010)	0,018 - 0,022	0,023 – 0,028		0,67 – 0,90	Validación
Sun (2011)				0,65 – 0,89	
Jiang et al (2010)				0,836 – 0,978	Riego con agua
Jiang et al (2010)				0,565 – 0,803	Riego con agua residual
Scott et al. (2000)		0,024 – 0,028			
Kanzari et al. (2012a)		0,06 – 0,28			Calibración
Kanzari et al. (2012a)		0,43			Validación

Se aprecia que el modelo consigue una buena representación del flujo del agua obteniendo una eficiencia e índices de correlación (r) y determinación (r^2) similares o superiores a los encontrados en la bibliografía. En todas las parcelas el error medio absoluto y el error cuadrático medio se encuentran en el rango inferior de los obtenidos en otras investigaciones. Estos buenos resultados son probable consecuencia de los numerosos datos reales de humedad, drenaje y evapotranspiración y de la elección de un periodo en el que el flujo uniforme de Richards fue predominante, mientras que eso no necesariamente sucede en la bibliografía.

Se destaca que la parcela 3 presenta la menor eficiencia e índice de determinación del modelo ya que, al no contar con datos de los sensores en el verano de 2010 se debió calibrar el modelo en otro periodo en el que las entradas no garantizaron una humedad estable aunque el sustrato estuvo - en promedio- en niveles de humedad que promueven el flujo uniforme (etapa de pruebas con trazadores).

En cuanto al drenaje acumulado, las estimaciones resultaron muy buenas en las parcelas 1, 2 y 4: entre un 2,73 y un 8,64 % superiores a los valores reales. En el caso de la parcela 3 la estimación presenta una desviación importante, posible efecto de la elección del periodo de calibración o de la enmienda. La tabla 5.11 muestra los valores de drenaje acumulado real y previsto por el modelo; las figuras 5.10 a 5.13 presentan la evolución del drenaje acumulado real y predicho en todas las parcelas.

Tabla 5.11 Drenaje real y predicción del modelo para todas las parcelas - Calibración

Parcela	Drenaje acumulado real (cm)	Drenaje acumulado predicción (cm)	Variación (%)
1	4,8	5,0	+3,67
2	15,2	15,6	+2,73
3	4,0	6,2	+54,27
4	9,7	10,5	+8,64

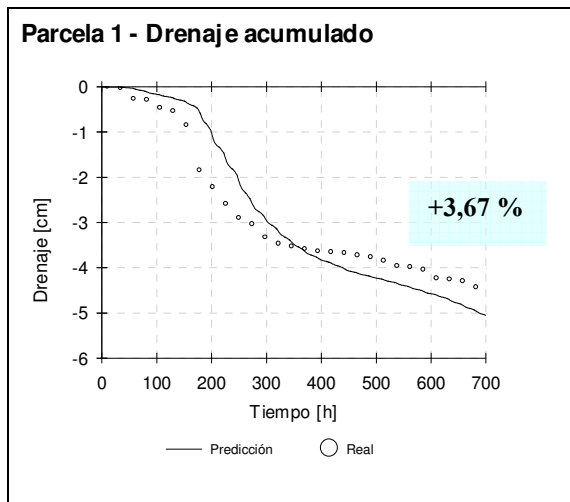


Figura 5.10 Parcela 1 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción

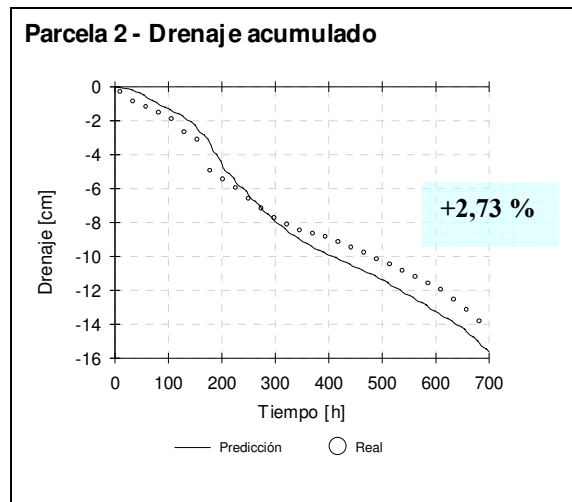


Figura 5.11 Parcela 2 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción

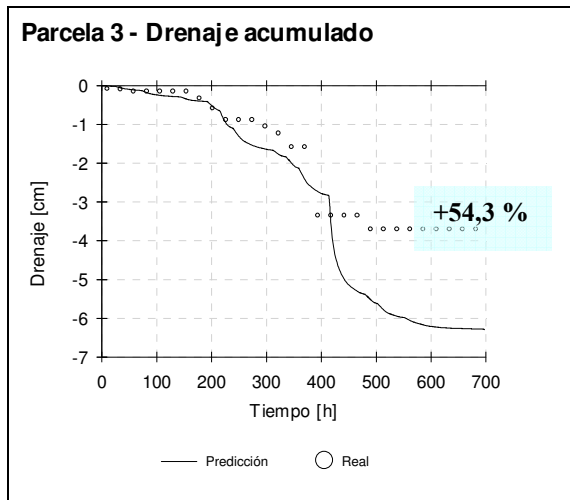


Figura 5.12 Parcela 3 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción

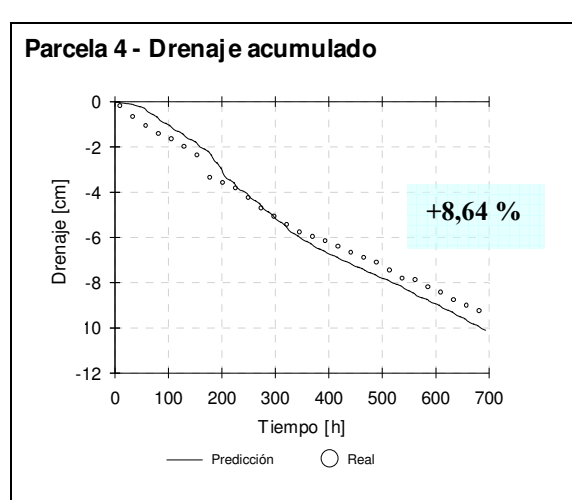


Figura 5.13 Parcela 4 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción

La estimación del drenaje por el programa HYDRUS 1D resulta muy útil para la optimización del riego ya que aporta la información de la humedad ideal para el mantenimiento de la calidad del césped, las posibles pérdidas de agua del sistema. Algunos investigadores utilizan esta opción del

programa para la estimación de la recarga (Scott et al., 2000; Jiménez-Martínez, 2010; Lu et al., 2011).

El programa HYDRUS 1D utiliza el modelo de Feddes et al. (1978) para simular la absorción del agua por las raíces. Según los parámetros introducidos en los que se asume que la evapotranspiración se debe íntegramente a la transpiración, el modelo calcula el agua que pueden absorber las raíces en base al potencial/ humedad del sustrato. La tabla 5.12 presenta los valores de la evapotranspiración real (introducida en el modelo como transpiración potencial) frente a la predicción de la absorción para todo el periodo de calibración.

Tabla 5.12 Transpiración potencial y predicción de absorción de agua por las raíces en todas las parcelas

<i>Parcela</i>	<i>Transpiración potencial (cm)</i>	<i>Absorción por las raíces (cm)</i>	<i>Variación (%)</i>	<i>Humedad promedio en el sustrato (%)</i>
1	22,21	21,80	-1,85	10,61
2	19,27	16,90	-12,30	8,37
3	13,94	10,80	-22,53	9,26
4	22,24	20,30	-8,72	11,76

Estos resultados indican que absorción de agua por las raíces se ve favorecida en la parcela doblemente enmendada (parcela 1) pese a encontrarse menos húmeda que la parcela 4. La mayor desviación del modelo respecto a los valores reales se encuentra nuevamente en la parcela 3, fruto de haber sido calibrada en condiciones distintas de las ideales.

5.5.2. Validación

La validación, orientada a demostrar la eficacia del modelo en circunstancias distintas a la calibración, se realizó en periodos en los que el régimen de riego persiguió:

1. Un nivel de humedad constante que permite la presencia de los flujos uniforme y preferencial.
2. Un nivel de humedad variable por distinta intensidad y frecuencia de riego.

Al encontrarse sujeta a la disponibilidad de datos de los sensores no fue posible validar todas las parcelas en ambas condiciones.

En el primer caso fueron validadas las parcelas 2 y 4 y en el segundo caso, todas ellas.

5.5.2.1. Validación 1

En las parcelas 2 y 4 la validación se realizó en el periodo del verano de 2011 (15 de julio al 13 de agosto), un año después de la calibración y habiéndose sometido el green a las constantes actividades de mantenimiento que afectaron ligeramente su textura (pinchado), y densidad aparente (siega).

En este periodo la humedad se mantuvo relativamente constante aunque a un nivel menor que en 2010 (6,87 % en la parcela 2 y 7,22 % en la parcela 4) permitiendo la aparición del flujo preferencial.

Las figuras 5.14 a 5.17 muestran la simulación de la humedad y la relación de los valores predichos (P) y observados (O) con respecto a la recta de total coincidencia ($P/O=1$).

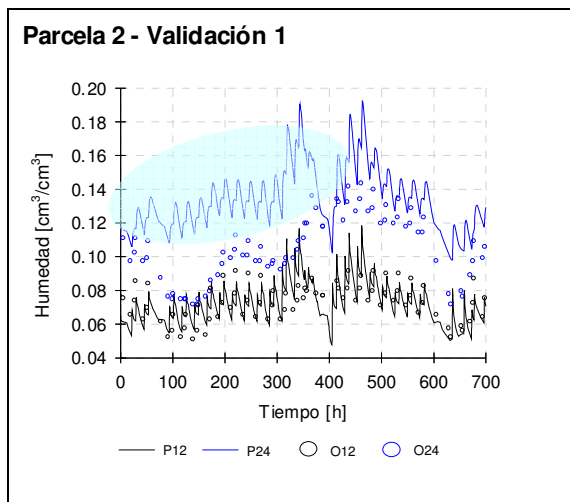


Figura 5.14 Parcela 2 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 1

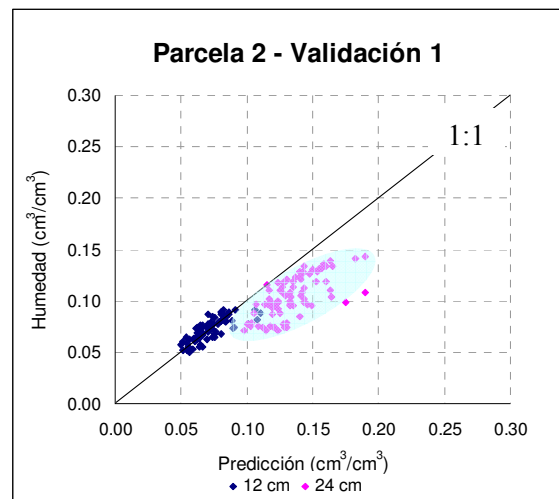


Figura 5.15 Parcela 2 – Humedad real vs Predicción – Validación 1

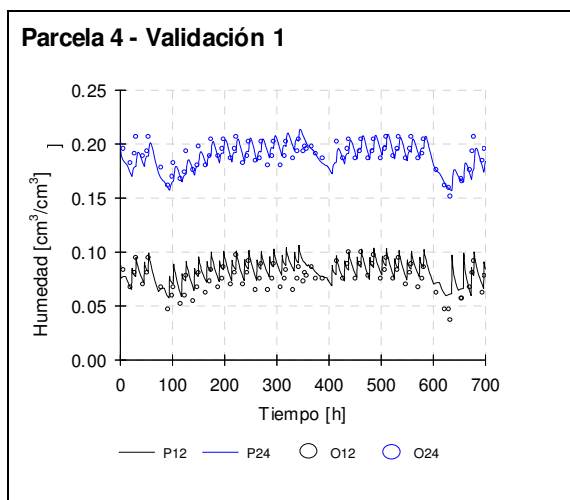


Figura 5.16 Parcela 4 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 1

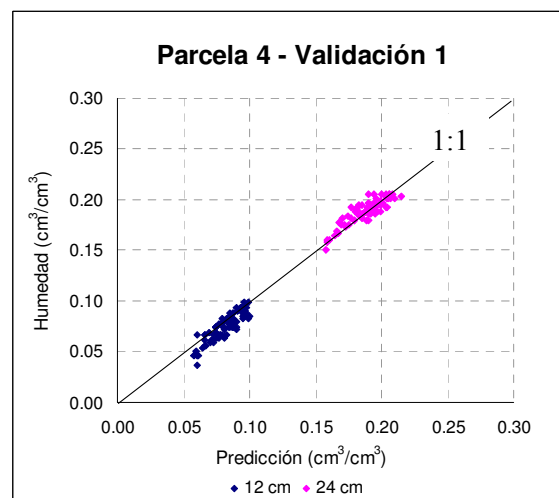


Figura 5.17 Parcela 4 – Humedad real vs Predicción – Validación 1

Las gráficas muestran una buena semejanza del modelo con los valores reales de humedad menos en la parcela 2 a 24 cm de profundidad, en que el modelo sobreestima la humedad en la zona profunda del perfil. Esta situación se esperaba considerando que en la zona profunda del perfil el flujo uniforme no se presenta según se reveló en el punto 4.5. Los índices de eficiencia del modelo en la parcela 2 se redujeron drásticamente por este efecto, pese a que la representación del flujo en la zona superficial (12 cm) fue aceptable y sus valores de *MAE* y *RMSE* fueron tan reducidos como los de la parcela 4, que sí mostró un buen ajuste (tabla 5.13).

Tabla 5.13 Parámetros de eficiencia del modelo durante la validación 1

Parcela	MAE	RMSE	E	r^2
2	0,018	0,025	0,203	0,7331
2 (12 cm)	0,006	0,008	0,421	0,5883
4	0,006	0,008	0,982	0,9882

En cuanto al drenaje acumulado (figuras 5.18 y 5.19) el modelo simula una mayor salida por drenaje en la parcela 2 (un 26% superior) al sobreestimar la humedad en la zona profunda (24 cm) mientras que la parcela 4 subestima el drenaje en un 14,5% (tabla 5.14).

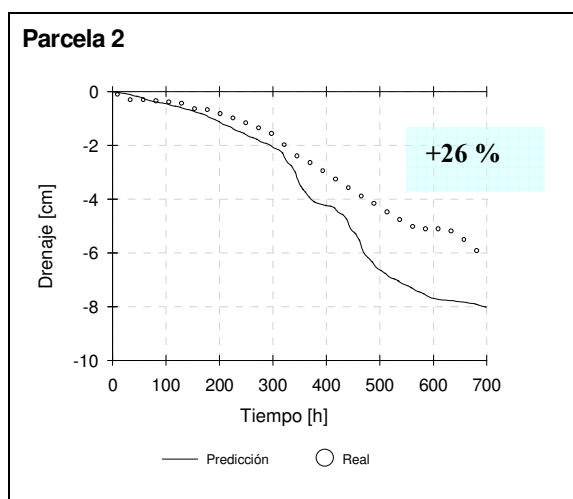


Figura 5.18 Parcela 2 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción – Validación 1

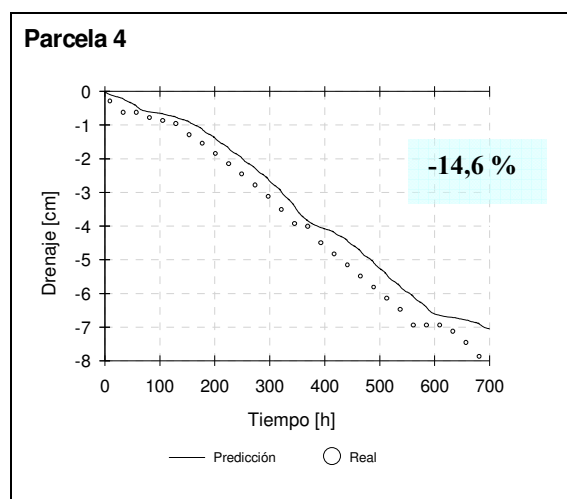


Figura 5.19 Parcela 4 – Drenaje acumulado real (o) vs predicción – Validación 1

Tabla 5.14 Drenaje real y predicción del modelo para las parcelas 2 y 4 – Validación 1

Parcela	Drenaje acumulado real (cm)	Drenaje acumulado predicción (cm)	Variación (%)
2	6,35	8,00	+25,98
4	8,25	7,05	-14,55

La tabla 5.15 presenta los valores de la evapotranspiración real (introducida en el modelo como transpiración potencial) frente a la predicción de la absorción para todo el periodo de calibración.

Tabla 5.15 Transpiración potencial y predicción de absorción de agua por las raíces en todas las parcelas – Validación 1

Parcela	Transpiración potencial (cm)	Absorción por las raíces (cm)	Variación (%)
2	17,46	14,63	-16,21
4	12,43	11,70	-5,87

A excepción de la mala correlación de la simulación en la zona profunda de la parcela 2, los modelos dan resultados aceptables en la representación de la humedad, drenaje y absorción de agua por las raíces.

5.5.2.2. Validación 2

En el segundo periodo seleccionado, en circunstancias diferentes de las ideales, se dieron entradas de distinta intensidad espaciadas entre 8 y 72 horas que incluyeron lluvias; se generó humedad variable en las parcelas y la coexistencia de los flujos uniforme y preferencial. Esta modelización corresponde al periodo entre el 22 de septiembre y el 21 de octubre de 2010. Las figuras 5.20 a 5.27 ofrecen la simulación de la humedad y la relación de los valores predichos (P) y observados (O) con respecto a la recta de total coincidencia ($P/O=1$).

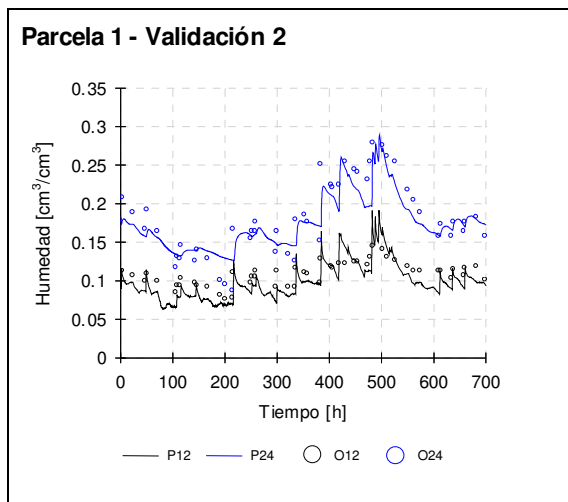


Figura 5.20 Parcela 1 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 2

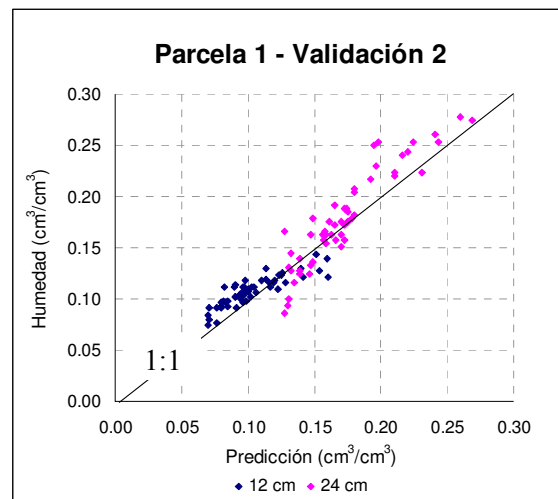


Figura 5.21 Parcela 1 – Humedad real vs Predicción – Validación 2

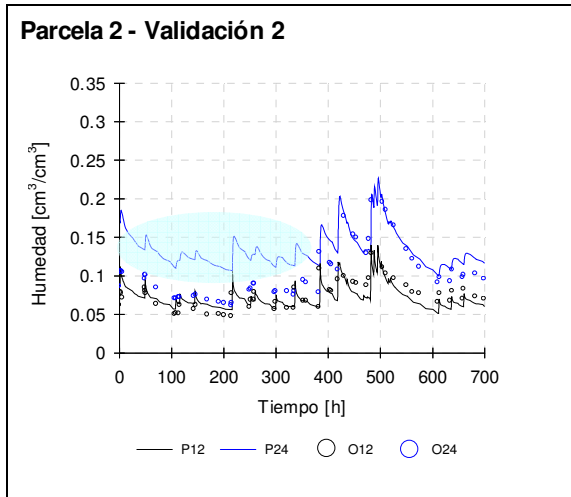


Figura 5.22 Parcela 2 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 2

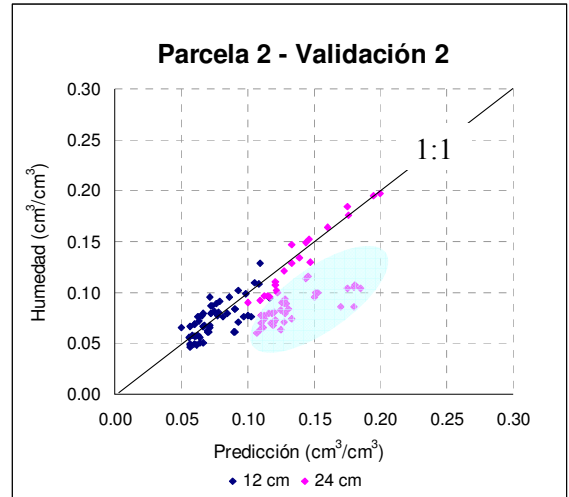


Figura 5.23 Parcela 2 – Humedad real vs Predicción – Validación 2

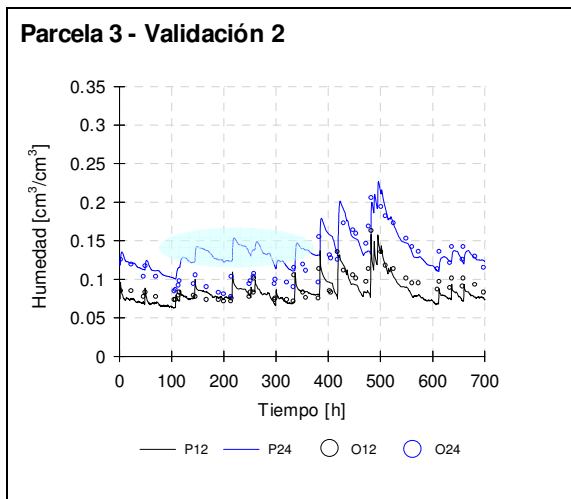


Figura 5.24 Parcela 3 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 2

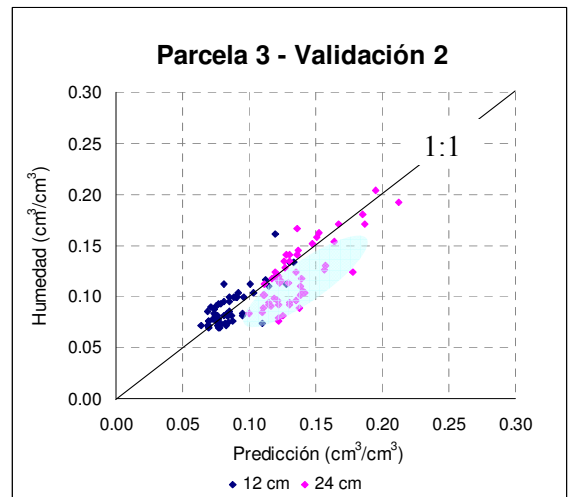


Figura 5.25 Parcela 3 – Humedad real vs Predicción – Validación 2

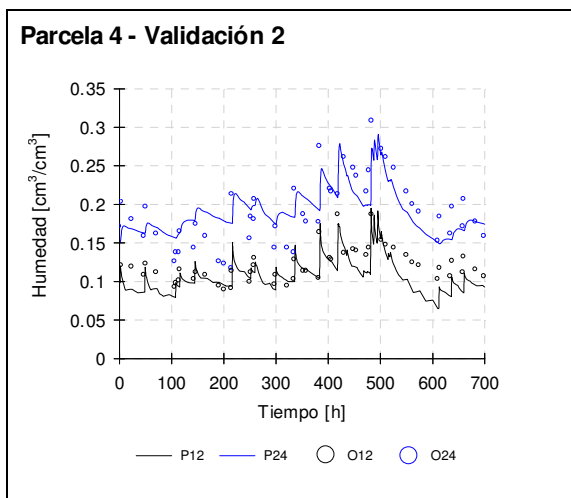


Figura 5.26 Parcela 4 – Humedad real (O) vs Predicción (P) – Validación 2

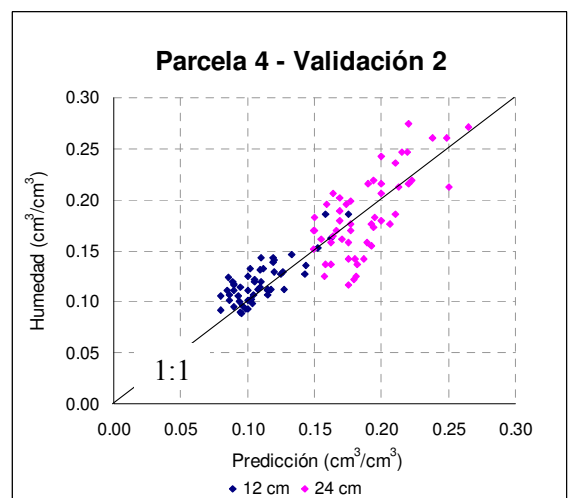


Figura 5.27 Parcela 4 – Humedad real vs Predicción – Validación 2

La representatividad del modelo en condiciones alejadas de las ideales se ve afectada en todas las parcelas pero de manera especial en la modelización del flujo en la zona profunda del perfil. En la parcela 1 el modelo muestra aún una buena representación lo que indica que la presencia de las dos enmiendas promueve el flujo uniforme. En las parcelas 2, 3 y 4 el modelo sobreestima la humedad a 24 cm en todos los casos hasta la aparición de las lluvias (aproximadamente a partir de la hora 450) en que el flujo uniforme se hace predominante y la simulación sí representa los datos reales. En las parcelas 1, 3 y 4 la eficiencia del modelo (E) con respecto a la calibración decae un 6,6, un 15,11 y un 20,66 % respectivamente y en muy similares proporciones se reduce el índice de Pearson (r^2) (tabla 5.16); los errores medio absoluto (MAE) y cuadrático medio ($RMSE$) se incrementaron aunque se mantienen dentro del rango aceptable de otros investigadores. En la parcela 2 el modelo ya no representa los valores reales debido al flujo en la zona profunda llevando la eficiencia total del modelo a niveles inaceptables ($E = 0,072$).

Tabla 5.16 Parámetros de eficiencia del modelo durante la validación 2

Parcela	MAE	$RMSE$	E	r^2
1	0,013	0,018	0,877	0,8894
2	0,023	0,032	0,072	0,5268
2 (12 cm)	0,010	0,012	0,464	0,5165
3	0,014	0,019	0,573	0,6775
4	0,019	0,023	0,764	0,7812

En cuanto al drenaje acumulado, el modelo lo sobreestima ligera a moderadamente en todas las parcelas. En las parcelas 2 y 3 la sobrevaloración del drenaje es aparentemente consecuencia de la sobreestimación de la humedad a 24 cm; en las parcelas 1 y 4 la variación se considera ligera y aceptable (tabla 5.17).

Tabla 5.17 Drenaje real y predicción del modelo para las parcelas 2 y 4 – Validación 2

Parcela	Drenaje acumulado real (cm)	Drenaje acumulado predicción (cm)	Variación (%)
1	4,53	5,05	+11,48
2	7,49	9,65	+28,84
3	4,68	5,48	+17,09
4	7,42	8,0	+7,82

Se concluye de la información que el modelo HYDRUS 1D puede representar de manera aceptable el flujo en las parcelas 1, 3 y 4 bajo distintas condiciones y sólo representa con buena eficiencia la parcela 2 cuando las condiciones son de riego frecuente y humedad constante

elevada. En la parcela 2 se observa el fuerte efecto de la materia orgánica en la superficie de sustratos gruesos como la arena: propicia cierto nivel de repelencia y dificulta el flujo uniforme (Nieber et al., 2005; Dekker y Ritsema, 2000).

La tabla 5.18 resume los valores entre los que oscilan los parámetros de eficiencia del modelo en las variadas circunstancias que pueden presentarse durante su mantenimiento.

Tabla 5.18 Resumen de la eficiencia del modelo en todas las condiciones presentadas en la investigación

<i>Parcela</i>	<i>MAE</i>	<i>RMSE</i>	<i>E</i>	<i>r²</i>
1	0,010 - 0,013	0,013 – 0,018	0,877 – 0,939	0,8814 – 0,9548
2	0,006 – 0,023	0,009 – 0,032	0,072 – 0,936	0,5268 – 0,9366
3	0,012 – 0,014	0,016 – 0,019	0,573 – 0,675	0,6775 – 0,7955
4	0,006 – 0,019	0,008 – 0,023	0,764 – 0,982	0,7812 – 0,9882

5.5.3. **Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad tiene como objetivo estudiar la afección de los resultados de un modelo por cambios en los parámetros que en él se introducen; mide la importancia que puede tener en la eficiencia del modelo una imprecisión en la determinación de los parámetros con el objetivo de intensificar esfuerzos en su buena determinación.

Distintas técnicas han sido desarrolladas para determinar cuán sensible es un modelo a los cambios en sus parámetros. La mayoría examinan los efectos de cambios en un cierto parámetro asumiendo que no hay cambios en los otros; puede, sin embargo, extenderse a examinar los efectos combinados de múltiples fuentes de error. Cambios en determinados parámetros pueden afectar las predicciones del modelo en distintas maneras, aunque en general sólo unos pocos parámetros dominan o influyen sustancialmente alguna predicción particular. Si el rango de incertidumbre de una sola predicción es de interés, entonces sólo se incluyen en el análisis los parámetros que pueden afectarlo (Loucks y van Beek, 2005).

Esta investigación presenta unos valores aceptables de eficiencia del modelo en distintas circunstancias en la mayoría de las parcelas a partir de valores conocidos del drenaje acumulado y la humedad. El análisis de sensibilidad se realiza en torno a estos datos cuyos valores reales son conocidos en el periodo de calibración en que el modelo presenta su mayor eficiencia en todas las parcelas.

5.5.3.1. Sensibilidad en la predicción del drenaje acumulado

El test de sensibilidad aplicado al drenaje acumulado se centra en la variación de la predicción con respecto a la predicción inicial del modelo. El incremento de hasta el 5% del valor del drenaje acumulado (D) ha sido considerado como una desviación ligera e incrementos de entre 5 y 17%, 17 y 30% y $>30\%$ se han considerado como moderados, notorios y extremos respectivamente.

El valor del drenaje acumulado se ve, en general, afectado ligera a moderadamente por las variaciones en los parámetros hidráulicos en todas las parcelas. Casos de sensibilidad notoria y extrema se presentan en todas las parcelas ante variaciones en el parámetro n en ambas capas y en el parámetro l en las parcelas 1 y 3 en la capa superior. La menor sensibilidad en el cálculo del drenaje se encontró en los parámetros θ_r , θ_s , α y K_s en la capa superior y en θ_r , θ_s , K_s y L en la capa inferior (tablas 5.19 y 5.20).

En particular, la menor sensibilidad se encuentra en la parcela 2, en la que el cálculo del drenaje es prácticamente insensible a las variaciones de $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ en los parámetros hidráulicos θ_r , θ_s , α , K_s y L y sólo presenta variaciones moderadas a notorias cuando n varía.

En la parcela 4 el cálculo del drenaje acumulado resultó ligera a moderadamente afectado por las variaciones en los parámetros hidráulicos θ_r , θ_s , α , K_s y L . Las variaciones en el parámetro n repercuten en una desviación moderada a notoria en el drenaje.

En las parcelas enmendadas con hidrogel (1 y 3) el cálculo del drenaje acumulado resultó ligera a moderadamente afectado ante variaciones de $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ en los parámetros θ_r , θ_s , α y K_s en la capa superior y θ_r , θ_s , K_s y L en la capa inferior. La predicción del drenaje acumulado en la parcela 1 llegó a ser afectada de manera extrema por variaciones en el parámetro n en las capas superior e inferior y de manera notoria fue afectada por la variación en L en la capa superior. En la parcela 3 la afección en el drenaje llega a ser extrema ante variaciones de n y l en la capa superior y entre moderada y extrema en la capa inferior.

5.5.3.2. Sensibilidad en la representación del flujo

HYDRUS 1D utiliza la función Φ (ecuación 42) para determinar el grado con que el modelo representa el flujo real del agua y la variación real de la humedad y/o el potencial en el suelo.

$$\Phi(b, q, p) = \sum_{j=1}^{m_q} v_j \sum_{i=1}^{n_{qj}} w_{i,j} [q_j^*(x, t_i) - q_j(x, t_i, b)]^2 + \sum_{j=1}^{m_p} \bar{v}_j \sum_{i=1}^{n_{pj}} \bar{w}_{i,j} [p_j^*(\theta_i) - p_j(\theta_i, b)]^2 + \sum_{j=1}^{n_b} \hat{v}_j [b_j^* - b_j]^2 \quad (42)$$

En esta función el primer término representa la desviación entre los valores reales y calculados de variables espacio-temporales como el potencial, la humedad y concentraciones de solutos o flujos

acumulados. El segundo término corresponde a las diferencias entre las propiedades hidráulicas reales y predichas en cada solución y el último término “penaliza” la desviación entre la propiedades hidráulicas conocidas y las estimadas definitivamente (Šimůnek et al., 2009). El valor de la función Φ es menor a medida que el modelo estima más correctamente el flujo del agua, más aún, la solución inversa persigue la minimización de su valor numérico a través de la modificación de los parámetros hidráulicos que el usuario estipula.

El test de sensibilidad aplicado a la representatividad del modelo que realiza la presente investigación como complemento al análisis de sensibilidad sobre el drenaje acumulado pone su mirada sobre el incremento del valor de Φ . Bajo este prisma el incremento de hasta el 15% del valor de Φ (SSQ) ha sido considerado como una desviación ligera e incrementos de entre 15 y 30%, 30 y 45% y >45% se han considerado como moderados, notorios y extremos, respectivamente.

Tabla 5.19 Afección de la predicción de drenaje acumulado por variaciones en los parámetros hidráulicos – Zona superficial

Capa 1									
Drenaje acumulado (cm)						Desviación en el cálculo del drenaje acumulado			
Parcela	calibración	$\theta_r+10\%$	$\theta_r-10\%$	$\theta_r+20\%$	$\theta_r-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5,31	5,4	5,2	5,5	6%	8%	4%	10%
2	15,6	15,63	15,6	15,64	15,6	0%	0%	0%	0%
3	6,2	6,28	6,56	7	6,9	1%	6%	13%	11%
4	10,5	10	10	10	10	-5%	-5%	-5%	-5%
	calibración	$\theta_s+10\%$	$\theta_s-10\%$	$\theta_s+20\%$	$\theta_s-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5,25	5,34	5,13	5,72	5%	7%	3%	14%
2	15,6	15,2	16,125	14,85	16,67	-3%	3%	-5%	7%
3	6,2	6,05	6,65	6,125	6,6	-2%	7%	-1%	6%
4	10,5	9,8	10,55	9,52	11,14	-7%	0%	-9%	6%
	calibración	$\alpha+10\%$	$\alpha-10\%$	$\alpha+20\%$	$\alpha-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5,39	5,25	5,85	5,55	8%	5%	17%	11%
2	15,6	15,86	15,37	16,1	15,1	2%	-1%	3%	-3%
3	6,2	6,32	6,65	6,85	6,73	2%	7%	10%	9%
4	10,5	10,3	9,93	10,48	9,75	-2%	-5%	0%	-7%
	calibración	$n+10\%$	$n-10\%$	$n+20\%$	$n-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	3,45	5,45	5,9	5	-31%	9%	18%	0%
2	15,6	17,08	14,54	19	13,72	9%	-7%	22%	-12%
3	6,2	6,4	8,25	10,35	7,25	3%	33%	67%	17%
4	10,5	11,1	9,67	12,35	9,05	6%	-8%	18%	-14%
	calibración	$K+10\%$	$K-10\%$	$K+20\%$	$K-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5,3	5,43	5	5,6	6%	9%	0%	12%
2	15,6	15,62	15,63	15,6	15,63	0%	0%	0%	0%
3	6,2	6,49	6,5	6,4	7,25	5%	5%	3%	17%
4	10,5	10	10	10	10	-5%	-5%	-5%	-5%
	calibración	$L+10\%$	$L-10\%$	$L+20\%$	$L-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5	6	5,7	6,5	0%	20%	14%	30%
2	15,6	15,6	15,65	15,6	15,65	0%	0%	0%	0%
3	6,2	5,93	8,52	6,7	9,52	-4%	37%	8%	54%
4	10,5	10	10	10	10	-5%	-5%	-5%	-5%

Tabla 5.20 Afección de la predicción de drenaje acumulado por variaciones en los parámetros hidráulicos – Zona profunda

Capa 2									
Drenaje acumulado (cm)						Desviación en el cálculo del drenaje acumulado			
Parcela	calibración	$\theta_r+10\%$	$\theta_r-10\%$	$\theta_r+20\%$	$\theta_r-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5,45	5,2	5,25	5,39	9%	4%	5%	8%
2	15,6	15,6	15,65	15,55	15,8	0%	0%	0%	1%
3	6,2	6,15	6,2	6,25	7	-1%	0%	1%	13%
4	10,5	10	10,16	10	10,2	-5%	-3%	-5%	-3%
	calibración	$\theta_s+10\%$	$\theta_s-10\%$	$\theta_s+20\%$	$\theta_s-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5,13	5,47	4,55	5,61	3%	9%	-9%	12%
2	15,6	15,35	15,88	15,1	16	-2%	2%	-3%	3%
3	6,2	6,35	6,36	6,12	7	2%	3%	-1%	13%
4	10,5	9,87	10,36	9,65	10,6	-6%	-1%	-8%	1%
	calibración	$\alpha+10\%$	$\alpha-10\%$	$\alpha+20\%$	$\alpha-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5	5,2	5,1	5,3	0%	4%	2%	6%
2	15,6	15,26	15,91	15,05	16,25	-2%	2%	-4%	4%
3	6,2	6,19	7,31	6	7,4	0%	18%	-3%	19%
4	10,5	10	10,32	9,8	10,6	-5%	-2%	-7%	1%
	calibración	$n+10\%$	$n-10\%$	$n+20\%$	$n-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	6,25	4,85	6,53	NC	25%	-3%	31%	NC
2	15,6	16,4	14,38	16,95	12,7	5%	-8%	9%	-19%
3	6,2	8,1	5,7	7,75	5,25	31%	-8%	25%	-15%
4	10,5	10,4	9,64	10,58	8,76	-1%	-8%	1%	-17%
	calibración	$K+10\%$	$K-10\%$	$K+20\%$	$K-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	5,25	5,34	5,35	5	5%	7%	7%	0%
2	15,6	15,79	15,38	15,87	15,15	1%	-1%	2%	-3%
3	6,2	6,62	6,15	6,9	6,15	7%	-1%	11%	-1%
4	10,5	10,2	10	10,29	9,9	-3%	-5%	-2%	-6%
	calibración	$L+10\%$	$L-10\%$	$L+20\%$	$L-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	5	4,86	5,19	5,19	5,36	-3%	4%	4%	7%
2	15,6	15,81	15,37	16,17	15,08	1%	-1%	4%	-3%
3	6,2	6,85	6,25	6,85	6	10%	1%	10%	-3%
4	10,5	10,11	10,1	10,1	10,1	-4%	-4%	-4%	-4%

Tomando en cuenta esta consideración se ha encontrado que, en general, el valor de SSQ se ve afectado ligera a moderadamente por las variaciones en los parámetros hidráulicos. Los parámetros a los que el modelo es menos sensible son: la conductividad hidráulica K_s , θ_r , seguidos por α y L . Los parámetros a los que la representatividad del flujo resulta notoriamente o en extremo sensible son los parámetros θ_s y n (tablas 5.21 y 5.22).

En particular, la menor sensibilidad se encontró en la parcela 2 en la que el valor de SSQ es en general, ligera a moderadamente sensible a las variaciones de $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ en los parámetros hidráulicos θ_r , α , K_s y L aunque presenta variaciones notorias a extremas cuando θ_s y n varían en ambas capas.

En la parcela 4 el valor de SSQ resultó en general ligera a moderadamente afectado por las variaciones en los parámetros hidráulicos θ_r , α , K_s y L . Las variaciones en los parámetros θ_s y n repercuten en una desviación que llega a ser extrema.

En las parcelas enmendadas con hidrogel (1 y 3) el incremento de SSQ resulta mayor que en las parcelas no enmendadas alcanzando sensibilidad extrema cuando los parámetros θ_s , α , n y L se modifican un $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ en una o ambas capas. El parámetro menos sensible a las variaciones resultó nuevamente K_s para ambas parcelas. La presencia de hidrogel y su especial manera de funcionar no es recogida con total eficiencia por el modelo.

El análisis de sensibilidad de los parámetros indica que el parámetro clave en la representatividad del modelo es el parámetro n que determina la forma de la curva de retención y por lo tanto, la relación del potencial y la humedad en los sustratos, es decir, si una variación pequeña en el potencial puede significar una gran variación de humedad o si por el contrario la variación es moderada o ligera. En otras palabras, que el modelo represente bien el flujo real depende en este estudio, de la manera en que se humecta o seca el perfil: si estos procesos son rápidos e intempestivos o lentos y constantes, más que en la conductividad hidráulica (K_s), la conectividad de los poros (L), la presión del aire (α) o los valores de θ_r o θ_s .

Los resultados del análisis de sensibilidad apuntan a que el parámetro n que establece la forma de la curva de retención es determinante en la representatividad del modelo en todas las parcelas. Este parámetro también resultó ser el más sensible en el estudio de Rocha et al. (2006) y la condición $\pm 10\%$ en el estudio de Jiménez-Martínez (2010) aunque en este último caso las afecciones sólo fueron ligeras a moderadas. En el estudio de Abou (2006) es el valor de K_s el que presenta la mayor sensibilidad para la predicción del drenaje y en menor medida θ_s .

La parcela 2 parece ser la menos sensible ante cambios en los parámetros hidráulicos lo que podría llevar a pensar que la eficiencia del modelo es elevada, sin embargo sólo lo es en

condiciones ideales como las de la calibración. Lamentablemente es el flujo real en condiciones normales lo que hace que la eficiencia del modelo se reduzca.

Tabla 5.21 Afección de la representación del flujo por variaciones en los parámetros hidráulicos – Zona superficial

Capa 1									
Valor numérico de Φ (SSQ)						Desviación en la representación del flujo (SSQ)			
Parcela	calibración	$\theta_r+10\%$	$\theta_r-10\%$	$\theta_r+20\%$	$\theta_r-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,2034	0,2332	0,2075	0,1868	26%	45%	29%	16%
2	0,1339	0,1365	0,1331	0,141	0,1344	2%	-1%	5%	0%
3	1,18	1,136	1,517	1,93	1,1953	-4%	29%	64%	1%
4	0,07527	0,08141	0,0743	0,0906	0,07666	8%	-1%	20%	2%
	calibración	$\theta_s+10\%$	$\theta_s-10\%$	$\theta_s+20\%$	$\theta_s-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,2329	0,1793	0,2778	0,2945	45%	11%	73%	83%
2	0,1339	0,1391	0,1756	0,185	0,2669	4%	31%	38%	99%
3	1,18	1,05	1,518	1,095	1,652	-11%	29%	-7%	40%
4	0,07527	0,09086	0,1103	0,1443	0,2162	21%	47%	92%	187%
	calibración	$\alpha+10\%$	$\alpha-10\%$	$\alpha+20\%$	$\alpha-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,1833	0,2151	0,3257	0,2805	14%	34%	102%	74%
2	0,1339	0,1495	0,1306	0,174	0,1457	12%	-2%	30%	9%
3	1,18	1,201	1,525	0,1729	1,693	2%	29%	-85%	43%
4	0,07527	0,0848	0,07839	0,1016	0,09673	13%	4%	35%	29%
	calibración	$n+10\%$	$n-10\%$	$n+20\%$	$n-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,6375	0,5372	0,2962	1,762	296%	234%	84%	994%
2	0,1339	0,3873	0,4659	0,9522	2,314	189%	248%	611%	1628%
3	1,18	1,556	4,155	7,713	6,531	32%	252%	554%	453%
4	0,07527	0,2174	0,2466	0,6187	0,9906	189%	228%	722%	1216%
	calibración	$K+10\%$	$K-10\%$	$K+20\%$	$K-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,1845	0,2065	0,1707	0,219	15%	28%	6%	36%
2	0,1339	0,1332	0,1346	0,1326	0,1356	-1%	1%	-1%	1%
3	1,18	1,365	1,356	1,301	2,111	16%	15%	10%	79%
4	0,07527	0,07556	0,07646	0,07569	0,07556	0%	2%	1%	0%
	calibración	$L+10\%$	$L-10\%$	$L+20\%$	$L-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,1484	0,3521	0,2465	0,5151	-8%	119%	53%	220%
2	0,1339	0,1323	0,136	0,131	0,1389	-1%	2%	-2%	4%
3	1,18	0,9309	3,972	1,495	5,671	-21%	237%	27%	381%
4	0,07527	0,07546	0,07608	0,07573	0,07582	0%	1%	1%	1%

Tabla 5.22 Afección de la representación del flujo por variaciones en los parámetros hidráulicos – Zona profunda

Capa 2									
Valor numérico de Φ (SSQ)						Desviación en la representación del flujo (SSQ)			
Parcela	calibración	$\theta_r+10\%$	$\theta_r-10\%$	$\theta_r+20\%$	$\theta_r-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,2149	0,1956	0,1727	0,2313	33%	21%	7%	44%
2	0,1339	0,1366	0,1346	0,1426	0,1387	2%	1%	6%	4%
3	1,18	1,159	1,134	1,231	1,848	-2%	-4%	4%	57%
4	0,07527	0,06448	0,09508	0,06297	0,1227	-14%	26%	-16%	63%
	calibración	$\theta_s+10\%$	$\theta_s-10\%$	$\theta_s+20\%$	$\theta_s-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,1848	0,2782	0,3135	0,5298	15%	73%	95%	229%
2	0,1339	0,1987	0,2021	0,3935	0,4034	48%	51%	194%	201%
3	1,18	1,452	1,219	1,64	1,917	23%	3%	39%	62%
4	0,07527	0,07433	0,1899	0,1827	0,4182	-1%	152%	143%	456%
	calibración	$\alpha+10\%$	$\alpha-10\%$	$\alpha+20\%$	$\alpha-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,1803	0,1592	0,2065	0,1591	12%	-1%	28%	-1%
2	0,1339	0,1269	0,153	0,1371	0,1929	-5%	14%	2%	44%
3	1,18	1,088	2,351	1,067	2,362	-8%	99%	-10%	100%
4	0,07527	0,07745	0,08676	0,08657	0,1129	3%	15%	15%	50%
	calibración	$n+10\%$	$n-10\%$	$n+20\%$	$n-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,8523	0,7212	1,643	NC	429%	348%	920%	NC
2	0,1339	0,7322	1,504	1,79	8,444	447%	1023%	1237%	6206%
3	1,18	3,669	3,338	4,452	16,07	211%	183%	277%	1262%
4	0,07527	0,3076	0,2503	0,6457	1,638	309%	233%	758%	2076%
	calibración	$K+10\%$	$K-10\%$	$K+20\%$	$K-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,169	0,2003	0,1963	0,1799	5%	24%	22%	12%
2	0,1339	0,1417	0,1302	0,1507	0,1393	6%	-3%	13%	4%
3	1,18	1,425	1,186	1,628	1,143	21%	1%	38%	-3%
4	0,07527	0,08602	0,06841	0,0979	0,06611	14%	-9%	30%	-12%
	calibración	$L+10\%$	$L-10\%$	$L+20\%$	$L-20\%$	10%	-10%	20%	-20%
1	0,161	0,1545	0,1854	0,173	0,2092	-4%	15%	7%	30%
2	0,1339	0,1453	0,1364	0,1847	0,1535	9%	2%	38%	15%
3	1,18	1,76	1,264	1,688	1,093	49%	7%	43%	-7%
4	0,07527	0,07584	0,07552	0,07564	0,07453	1%	0%	0%	-1%

5.6. ***Influencia de las enmiendas en las propiedades hidráulicas del sustrato arenoso según HYDRUS 1D***

Las enmiendas tienen el propósito de mejorar las cualidades texturales, fertilidad, capacidad de retención de agua, etc., en los suelos. Su aporte influye en mayor o menor medida sobre las características hídricas del sustrato al que son aplicados. Distintas investigaciones se han realizado acerca de los efectos de la materia orgánica sobre el sustrato arenoso (Zhang y Baker, 1999; Bigelow et al., 2000, 2004; Waltz et al., 2003; McCoy et al., 2007), en ellas se encuentra que la adición de materia orgánica (turba) incrementa la capacidad de retención de agua. Sobre geles hidrofílicos se entiende que incrementan la retención de agua y el agua disponible para las plantas (*PAW*) evitando el drenaje profundo (Tayel, 1981; Johnson, 1984; Silberbush et al., 1993a, 1993b; Al-Darby, 1996; Bowman et al., 1990; Abedi-Koupai et al., 2008a, 2008b; Andry et al., 2009; Dorraji et al., 2010; Farrell et al., 2013).

Establecer la influencia de las enmiendas en las propiedades hidráulicas del sustrato arenoso es un objetivo de la presente investigación. Para realizar este análisis se comparan las curvas de retención de las capas superficiales de las parcelas a partir de los parámetros hidráulicos calculados por el modelo HYDRUS 1D. Debe recordarse que en las consideraciones de la modelización se asume que la enmienda presta sus propiedades a los 12 cm superficiales de los perfiles por lo que puede haber cierta distorsión de los comportamientos reales.

La figura 5.28 presenta las curvas de retención de las capas superficiales de las parcelas graficadas por el código RETC (Van Genuchten et al., 1991) en las que se seleccionó la condición $m=1-1/n$. En general se observa que no hay mayor diferencia entre las curvas de retención de la zona superficial de las parcelas arenosa (parcela 4 – celeste) y la parcela enmendada con turba (parcela 2 – fucsia), mayores diferencias se encuentran en las zonas enmendadas con el hidrogel (parcela 1 – azul y parcela 3 – verde). El efecto más visible de la enmienda con el hidrogel es el incremento de los parámetros θ_r y θ_s que también reportan Al-Darby (1996), Abedi-Koupai et al. (2008a y 2008b) y Dorraji et al. (2010).

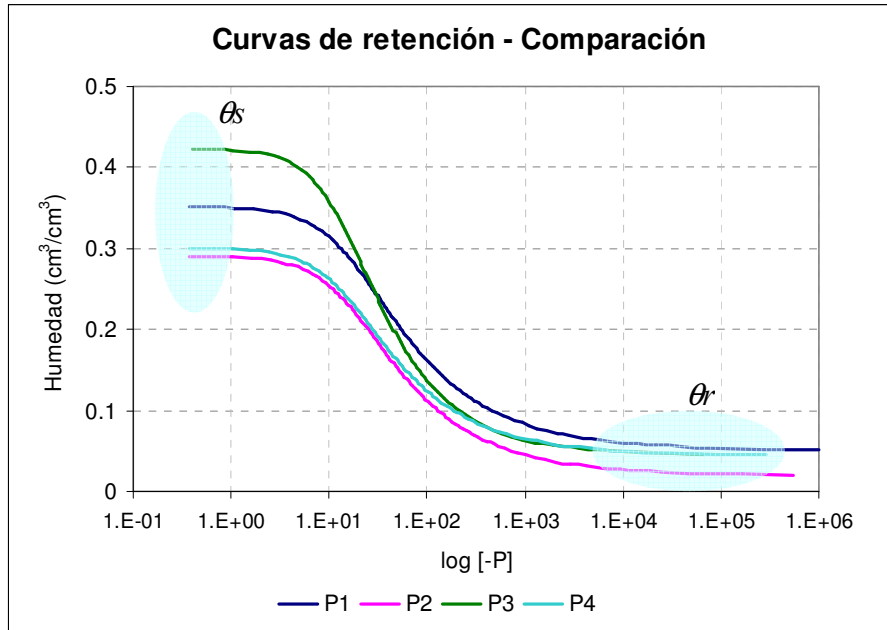


Figura 5.28 Comparación de las curvas de retención de las zonas superficiales de las parcelas

A partir de los parámetros hidráulicos del modelo la materia orgánica no parece tener mayor efecto sobre el sustrato arenoso, de hecho aparenta tener una menor retención de agua que el sustrato no enmendado para un mismo valor de potencial (figura 5.29). Es probable que las condiciones de campo no hayan permitido alcanzar niveles de humedad (o potencial) en que el efecto de la materia orgánica sea notorio y que la posterior simplificación que supuso el modelo no refleje su influencia. Este resultado resulta inesperado y no concuerda con lo encontrado en la bibliografía.

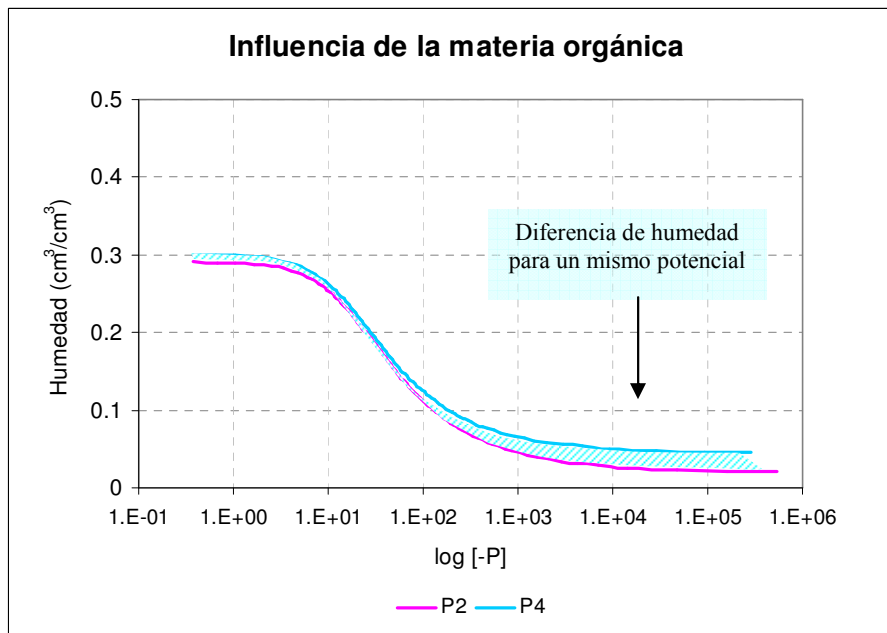


Figura 5.29 Comparación de las curvas de retención de las parcelas 100% arenosa (P4) y enmendada con materia orgánica (P2)

El hidrogel parece tener mayor efecto sobre los parámetros hidráulicos del sustrato 100% arenoso (figura 5.30). En este caso incrementa en más del 40% el valor de θ_s , con lo que en condiciones de elevada humedad la retención de humedad del sustrato enmendado se incrementa notoriamente; en épocas de lluvia, el sustrato de la parcela 3 llega a acumular mucha humedad. Otra consecuencia de la presencia del aditivo es el incremento del parámetro n que determina la forma de la curva de retención. En el sustrato enmendado con hidrogel, la humedad descende de manera más acelerada que en la parcela arenosa en un mismo intervalo de potencial, hasta que a partir de aproximadamente el 8% de humedad, el sustrato enmendado presenta la misma relación entre el potencial y la humedad que el sustrato 100% arenoso.

Se encuentra, por tanto, que en condiciones de reducida humedad el sustrato con hidrogel se comporta de igual manera que la arena con lo que el efecto del aditivo no es apreciable, posible motivo por el que algunos investigadores (Ingram y Yeager, 1987; Lamont y O'Connell, 1987; Henderson y Hensley, 1986; Fry y Butler, 1989) no encuentran beneficio de la aplicación de hidrogeles a los sustratos. En la presente investigación, en el rango de humedad en que se encuentra la zona superficial del green (entre 0,8 y 0,22 cm^3/cm^3), sí se aprecia un ligero a moderado incremento de la retención de agua en la zona superficial de la parcela 3 en comparación con la parcela 4.

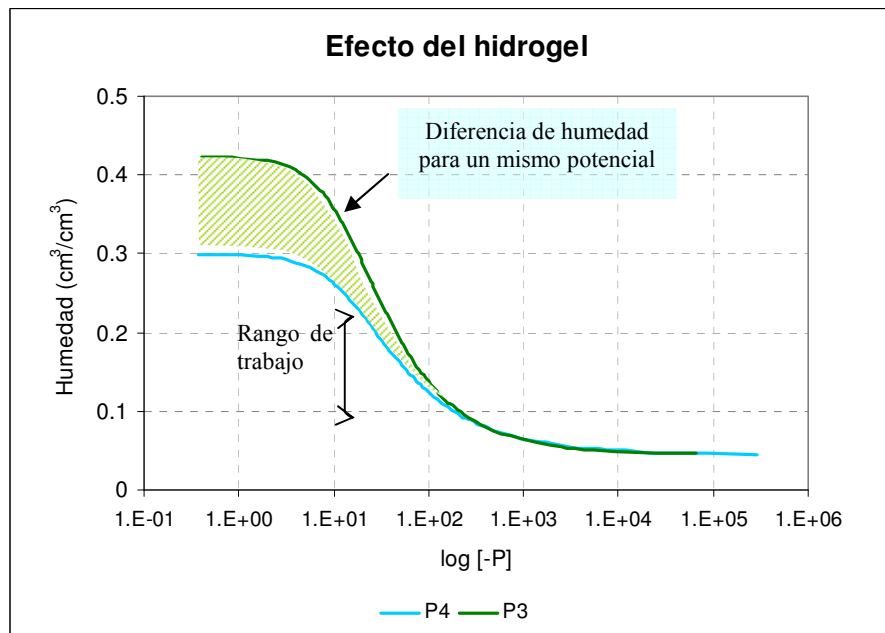


Figura 5.30 Comparación de las curvas de retención de las parcelas 100% arenosa (P4) y enmendada con hidrogel (P3)

La doble enmienda, presente en la parcela 1, mejora el contenido de humedad del sustrato arenoso en toda condición de potencial (figura 5.31). Como consecuencia de este aumento en la retención,

el drenaje disminuye y se consigue un ahorro en el consumo de agua sin afección a la absorción de agua por las raíces y por consiguiente a la calidad de la hierba.

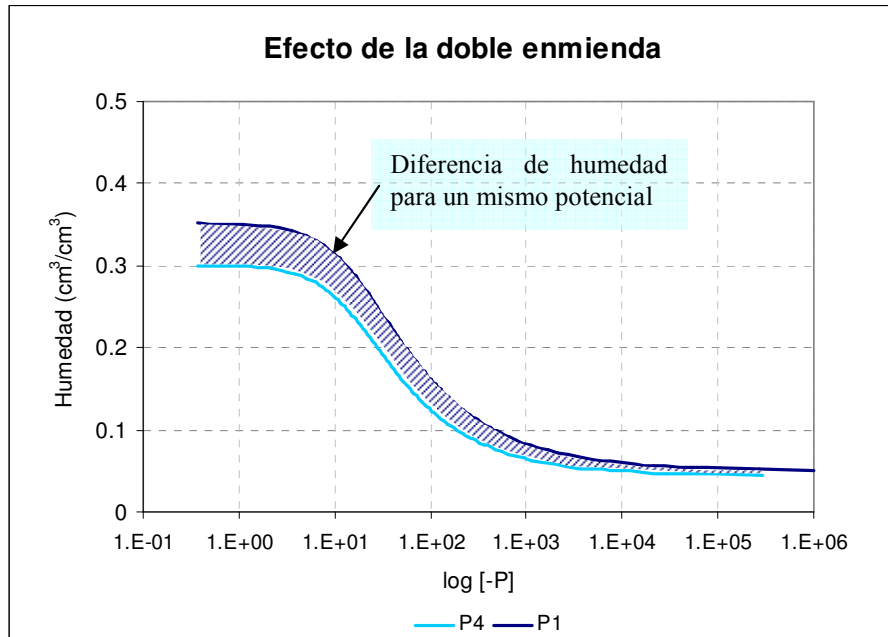


Figura 5.31 Comparación de las curvas de retención de las parcelas 100% arenosa (P4) y enmendada con hidrogel (P3)

En los sustratos con hidrogel (figura 5.32) la presencia de materia orgánica genera una diferencia en el comportamiento hídrico entre 0,8 y 0,22 cm³/cm³. En este intervalo, que corresponde al rango de humedad en que fluctúa la zona superficial de las parcelas en condiciones de campo, la presencia de materia orgánica incrementa la retención de agua.

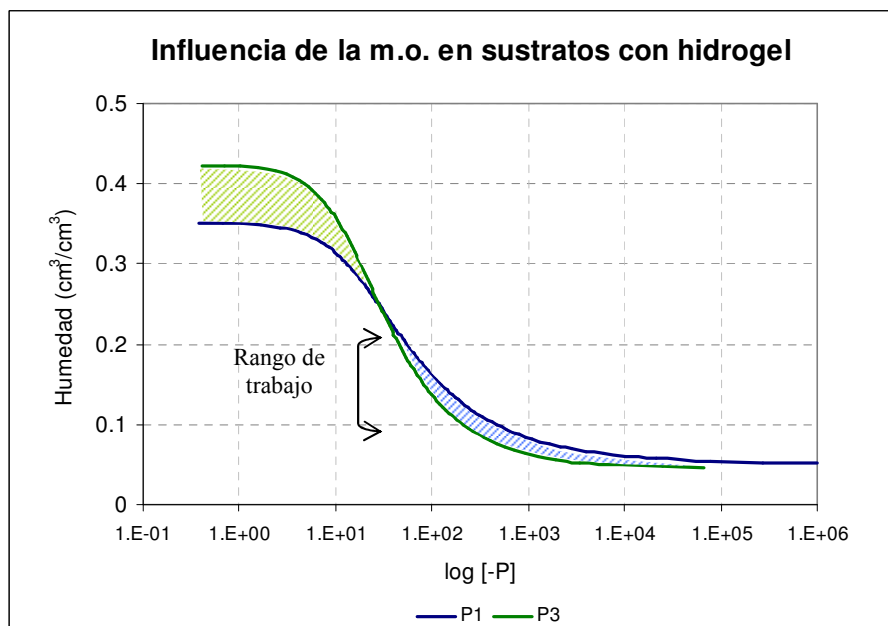


Figura 5.32 Comparación de las curvas de retención de las parcelas arenosa enmendada con hidrogel (P3) y doblemente enmendada

5.7. Escenarios

Como se menciona al inicio del capítulo, el uso de modelos se ha convertido en una herramienta útil que permite la investigación y la toma de decisiones sobre la gestión del agua. En esta oportunidad el modelo permite evaluar cómo se ven afectadas la humedad en el perfil, la absorción de agua por el cultivo y el drenaje por las distintas prácticas y recomendaciones de la bibliografía orientadas a incrementar su eficiencia.

Gracias al modelo se puede responder a ciertos interrogantes planteados como cuál es la frecuencia de riego ideal, cuál puede ser el efecto de regar las parcelas según la evapotranspiración calculada por la estación meteorológica, qué ahorro real puede proporcionar utilizar un aditivo que incrementa la retención de agua, por ejemplo.

El periodo seleccionado para realizar la modelización en todos los escenarios corresponde al mes de julio de 2010, el mismo periodo de calibración. En este periodo el modelo muestra la mejor eficiencia y la calidad de la hierba fue superior pese a que fue un verano muy caluroso y la evapotranspiración fue elevada, por lo que cualquier efecto probablemente se note con más intensidad.

5.7.1. Variación de la frecuencia de riego

Sobre el régimen de riego, los estudios de Jordan et al. (2003) y Fu y Dernoeden (2008) coinciden en recomendar riegos intensos y espaciados en los que se repone la evapotranspiración de referencia ET_o cada 4 días frente a riegos ligeros y frecuentes entendiendo éstos como un riego diario en el que se repone ET_o .

Para la evaluación de la influencia de la frecuencia de riego sobre la eficiencia se comparan los valores de absorción de agua y drenaje acumulado con relación a los obtenidos bajos las condiciones de campo del verano de 2010: riego capaz de mantener la humedad relativamente constante en un nivel que garantizó la calidad del césped

Las figuras 5.33 a 5.37, 5.39 a 5.43, 5.45 a 5.49 y 5.51 a 5.55 presentan la simulación de la humedad en el perfil de las parcelas para las condiciones reales de riego de 2010: riego diario repartido en dos eventos: a las 21:00 y 05:00 horas (2-0) y los escenarios elegidos para el análisis:

- Riego diario en un evento (riego 1-0)
- Riego cada dos días en un evento (riego 1-1)
- Riego cada 3 días en un evento (riego 1-2)
- Riego cada 4 días en un evento (riego 1-3)

Las figuras 5.38, 5.44, 5.50 y 5.56, al final de cada juego de simulaciones, muestran gráficamente cómo varían la absorción de agua por las raíces y el drenaje.

En general, en todas las parcelas se encuentra que al hacer los riegos menos frecuentes pero más intensos la absorción de agua por las raíces disminuye así como aumenta el drenaje, pese a que la humedad promedio a 12 cm disminuye en poca proporción o incluso aumenta (parcelas 2 y 4).

En las tablas 5.23 a 5.26 figuran los valores de humedad promedio a 12 cm, absorción de agua y drenaje acumulado de cada escenario y cada parcela.

Tabla 5.23 Parcela 1 – Influencia de la frecuencia de riego en la humedad, la absorción de agua y el drenaje

Parcela 1	Riego 2-0	Riego 1-0	Riego 1-1	Riego 1-2	Riego 1-3	Variación (%)			
θ_{promedio} (%)	11,14	11,38	10,83	10,27	9,72	+2%	-3%	-8%	-13%
Absorción de agua por las raíces (cm)	21,93	21,30	20,55	18,90	16,96	-3%	-6%	-14%	-23%
Drenaje (cm)	5,00	6,65	6,50	7,28	8,74	+33%	+30%	+46%	+75%

Tabla 5.24 Parcela 2 – Influencia de la frecuencia de riego en la humedad, la absorción de agua y el drenaje

Parcela 2	Riego 2-0	Riego 1-0	Riego 1-1	Riego 1-2	Riego 1-3	Variación (%)			
θ_{promedio} (%)	8,41	9,14	9,95	10,58	10,8	+9%	+18%	+26%	+28%
Absorción de agua por las raíces (cm)	16,87	14,5	11,39	9,62	7,85	-14%	-32%	-43%	-53%
Drenaje (cm)	15,61	20	22,18	24,44	24,35	+28%	+42%	+57%	+56%

Tabla 5.25 Parcela 3 – Influencia de la frecuencia de riego en la humedad, la absorción de agua y el drenaje

Parcela 3	Riego 2-0	Riego 1-0	Riego 1-1	Riego 1-2	Riego 1-3	Variación (%)			
θ_{promedio} (%)	9,41	9,55	8,9	8,46	8,22	+1%	-5%	-10%	-13%
Absorción de agua por las raíces (cm)	29,51	28,1	25	20,8	18,17	-5%	-15%	-30%	-38%
Drenaje (cm)	9	10,8	13,55	17,5	20	+20%	+51%	+94%	+122%

Tabla 5.26 Parcela 4 – Influencia de la frecuencia de riego en la humedad, la absorción de agua y el drenaje

Parcela 4	Riego 2-0	Riego 1-0	Riego 1-1	Riego 1-2	Riego 1-3	Variación (%)			
θ_{promedio} (%)	12,32	13	14,15	15	16,09	+6%	+15%	+22%	+31%
Absorción de agua por las raíces (cm)	19,12	16,59	13,12	11,8	9,9	-13%	-31%	-38%	-48%
Drenaje (cm)	10,35	13,8	16,21	18,4	19,09	+33%	+57%	+78%	+84%

La diferencia en la absorción de agua entre el riego en uno y dos eventos es mínima en las parcelas 1 y 3, y ligera en las parcelas 2 y 4. Considerando la afección a la calidad del césped no se encuentra razón para dividir el riego en dos eventos, sin embargo se obtienen menores valores de drenaje si el riego se realiza en dos eventos en todos los casos (se incrementa la eficiencia).

Otras frecuencias de riego (1-1, 1-2 y 1-3) proporcionan variadas respuestas. La parcela en la que menos disminuye la absorción de agua por las raíces es la parcela doblemente enmendada (1), seguida por la parcela enmendada con el hidrogel (3) y muy por detrás, las parcelas 4 y 2, que no consiguen retener el agua cuando los riegos son más intensos.

Se esperaban mejores resultados en la parcela enmendada con materia orgánica (2); sin embargo, retiene menos agua. Las condiciones de campo, la distribución de la enmienda y la simplificación del modelo pueden ser causantes de este inesperado resultado.

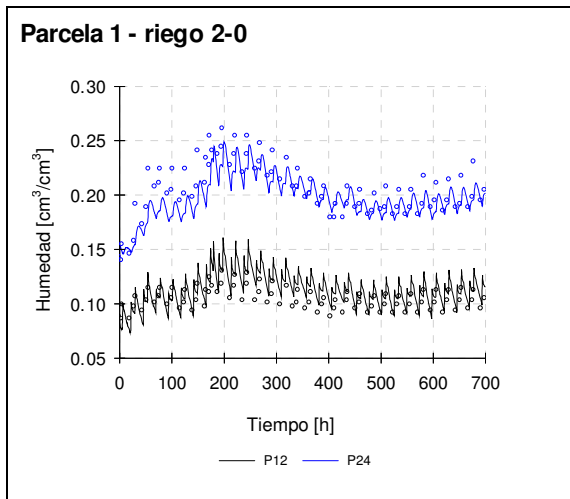


Figura 5.33 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 2-0

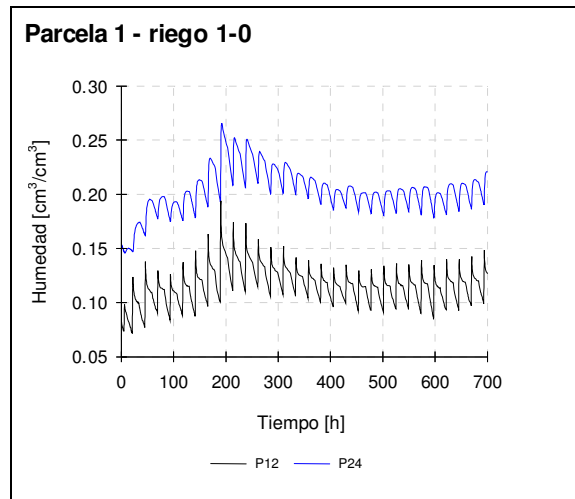


Figura 5.34 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-0-

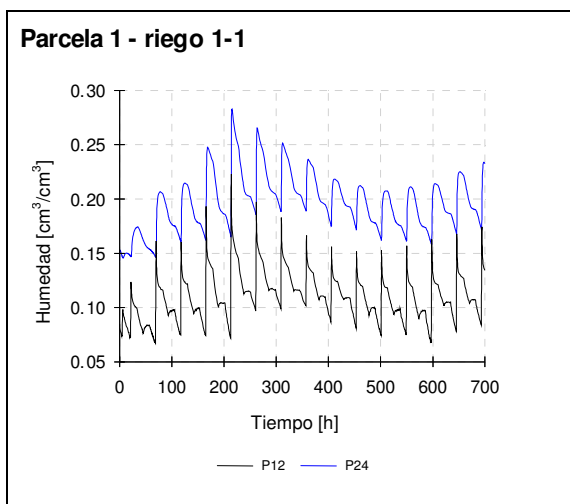


Figura 5.35 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-1

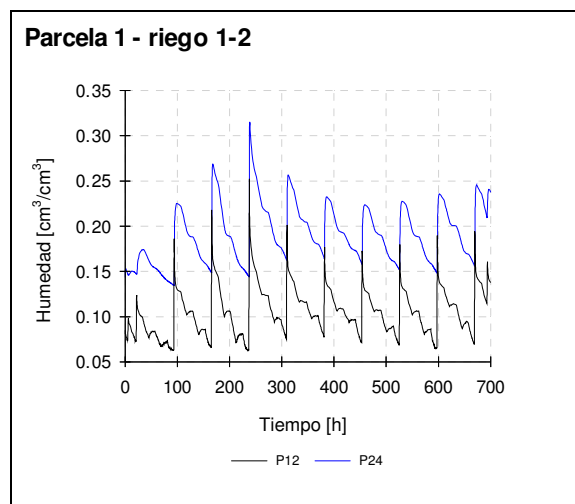


Figura 5.36 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-2-

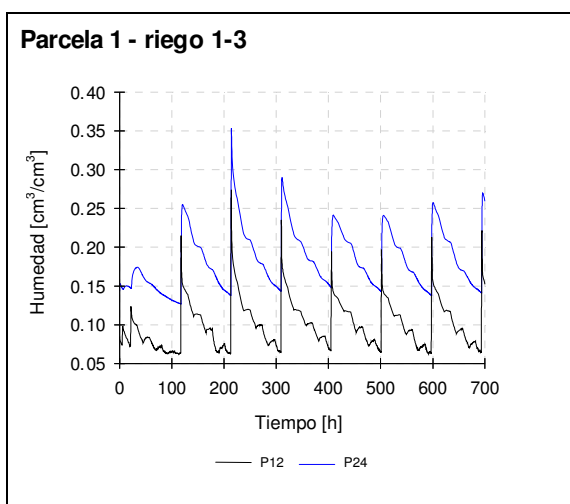


Figura 5.37 Parcela 1 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-3

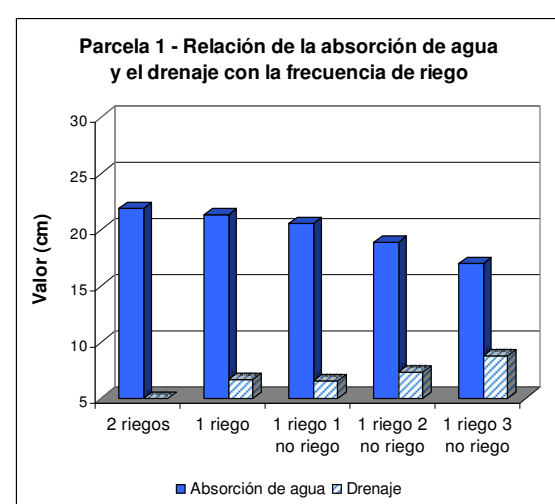


Figura 5.38 Parcela 1 - Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua y el drenaje

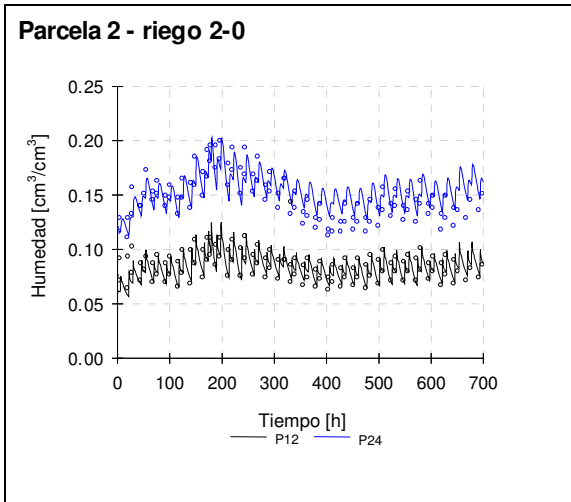


Figura 5.39 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 2-0

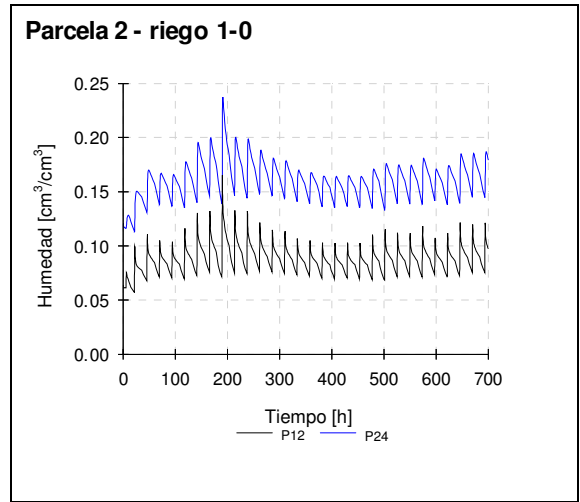


Figura 5.40 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-0

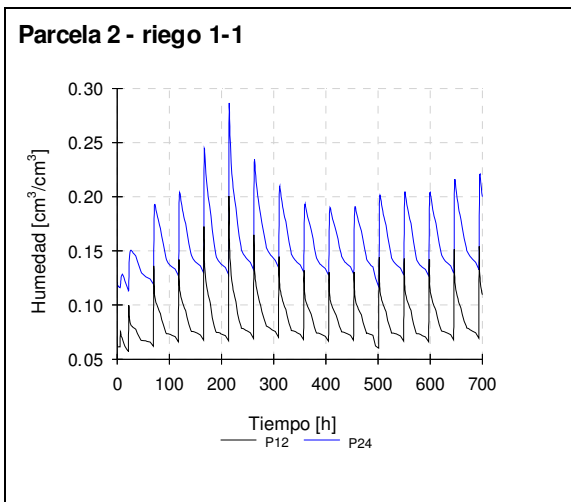


Figura 5.41 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-1

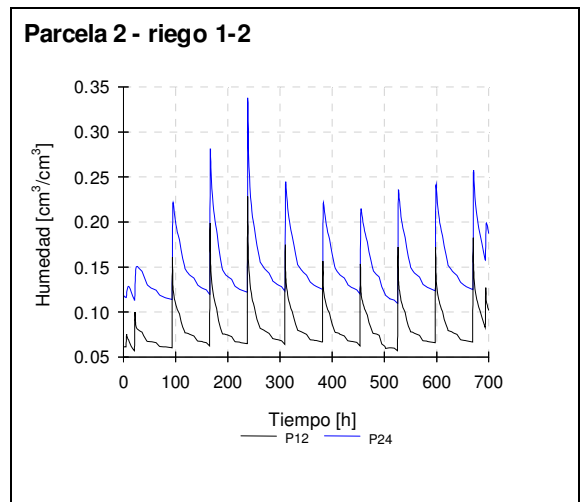


Figura 5.42 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-2

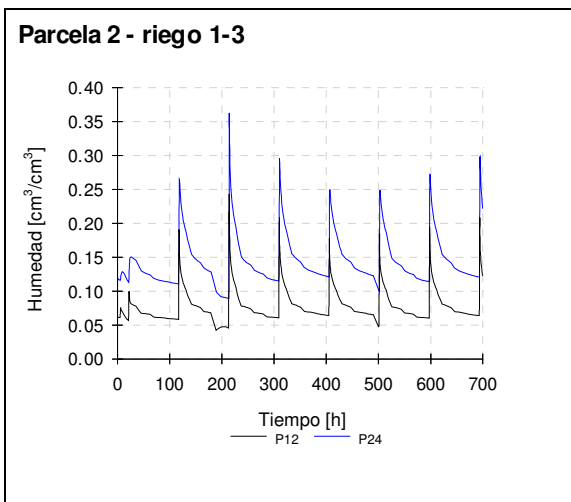


Figura 5.43 Parcela 2 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-3

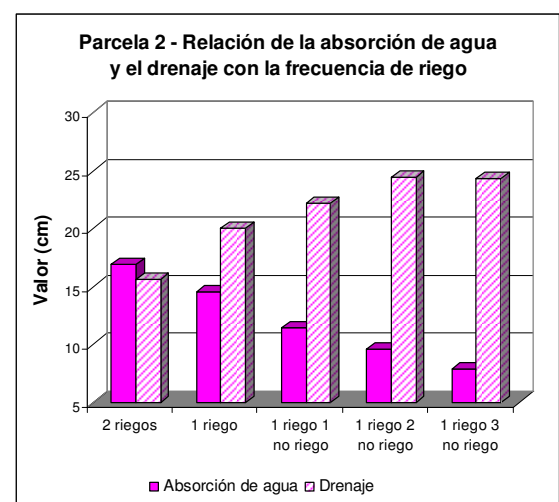


Figura 5.44 Parcela 2 - Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua y el drenaje

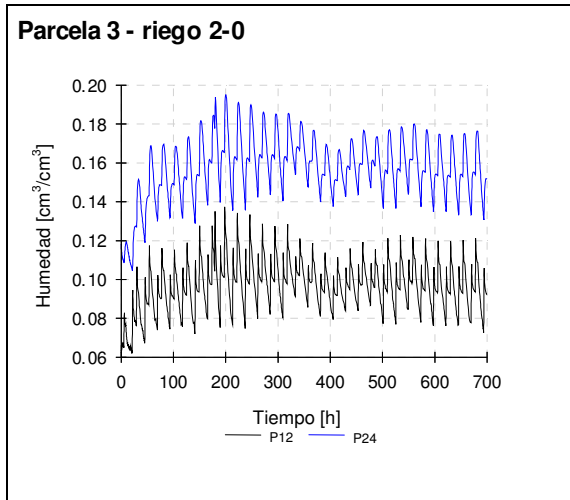


Figura 5.45 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 2-0

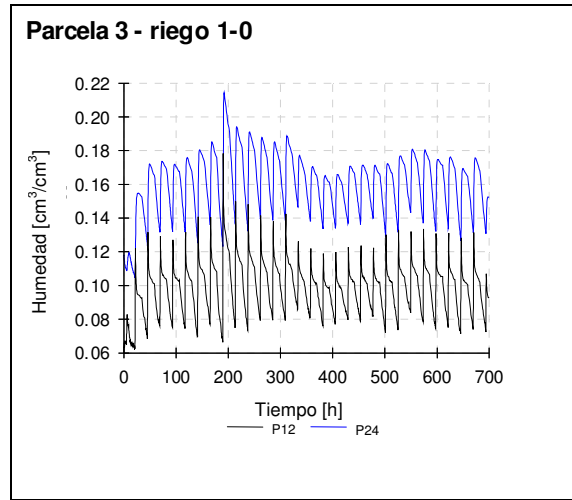


Figura 5.46 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-0

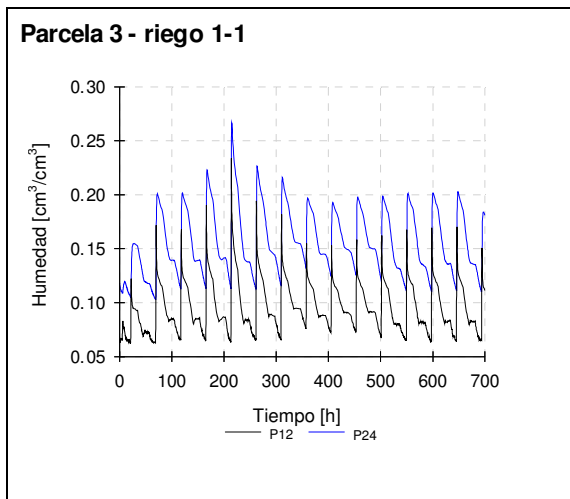


Figura 5.47 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-1

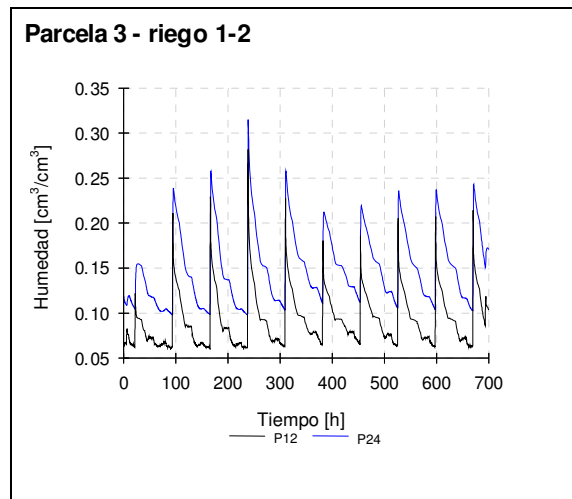


Figura 5.48 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-2

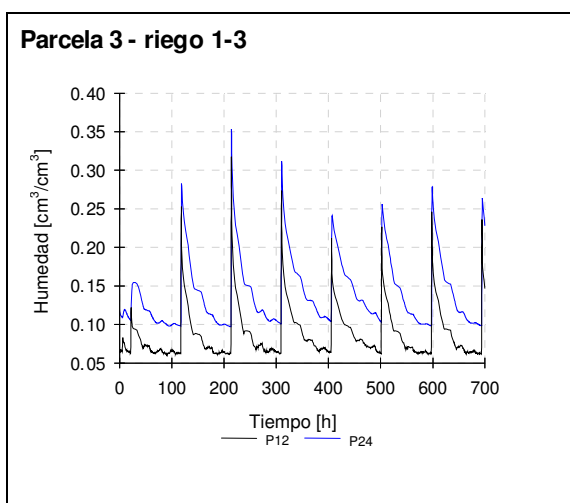


Figura 5.49 Parcela 3 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-3

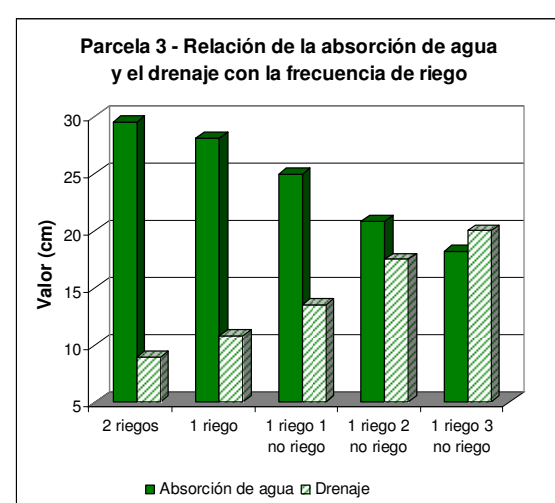


Figura 5.50 Parcela 3- Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua y el drenaje

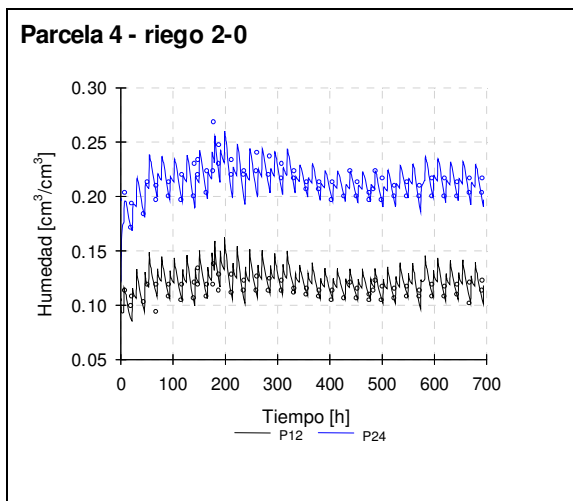


Figura 5.51 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 2-0

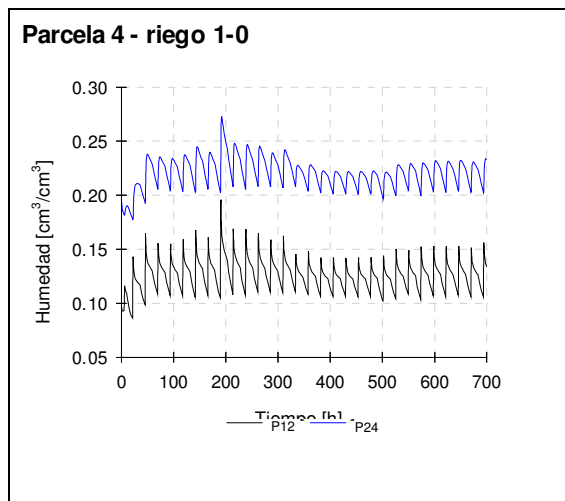


Figura 5.52 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-0

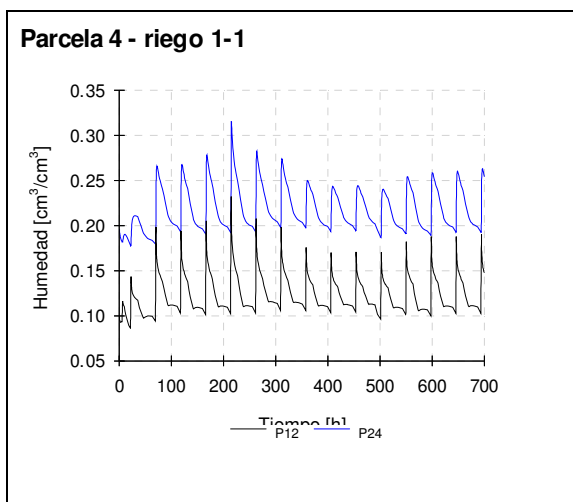


Figura 5.53 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-1

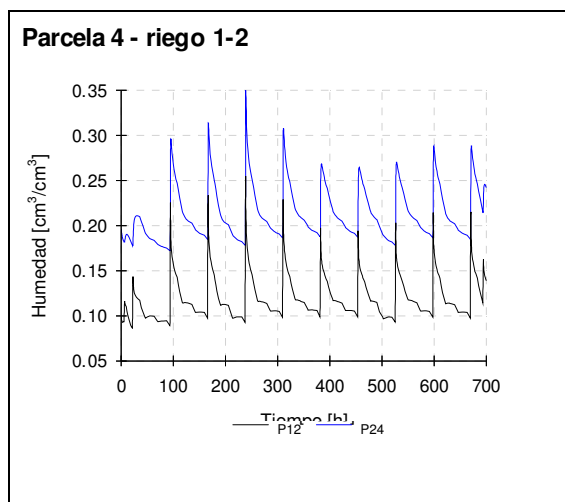


Figura 5.54 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-2

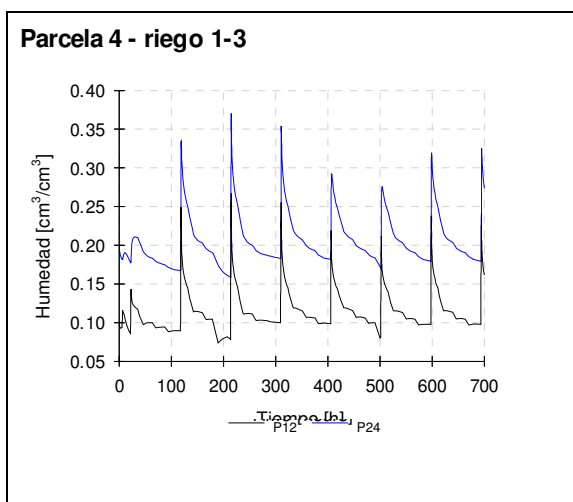


Figura 5.55 Parcela 4 – Simulación de la variación de la humedad – riego 1-3

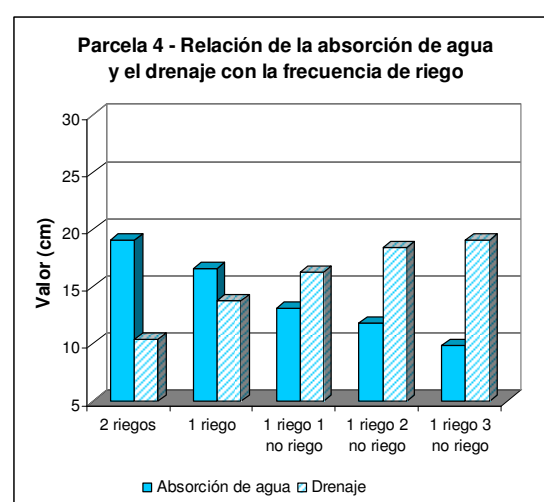


Figura 5.56 Parcela 4- Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua y el drenaje

La figura 5.57 compara la influencia de la frecuencia de riego en la absorción radicular de agua en todas las parcelas. Se observa una disminución de la absorción debido a la reducción de la frecuencia de riego; sin embargo, las parcelas enmendadas con hidrogel permiten en todo momento una absorción de agua superior a la de sus homólogas; aún en circunstancias de riego poco frecuente (riego 1-3) la absorción radicular de agua es similar que en las parcelas sin el aditivo con un riego óptimo (2-0).

El modelo apunta a que los riegos más intensos pero menos frecuentes afectan negativamente la absorción radicular de agua en los sustratos de base arenosa del green experimental pudiendo mermar la calidad de la hierba; también incrementan el drenaje con lo que la eficiencia del riego disminuye. Estos resultados son contrarios a los estudios de Bennett y Doss (1960), Doss et al. (1960), Madison et al. (1962), Kneebone et al. (1992), Jordan et al. (2003) y Fu y Dernoeden (2008) que sostienen la idoneidad de riegos intensos pero poco frecuentes, pero concuerdan, sin embargo, con las observaciones de Fry y Butler, (1989), Erwin y Koski (1998) y Johnson (2003) en que los céspedes de clima frío presentan mejor calidad cuando son irrigados con una frecuencia interdiaria a diaria frente a riegos intensos cada 3 ó más días.

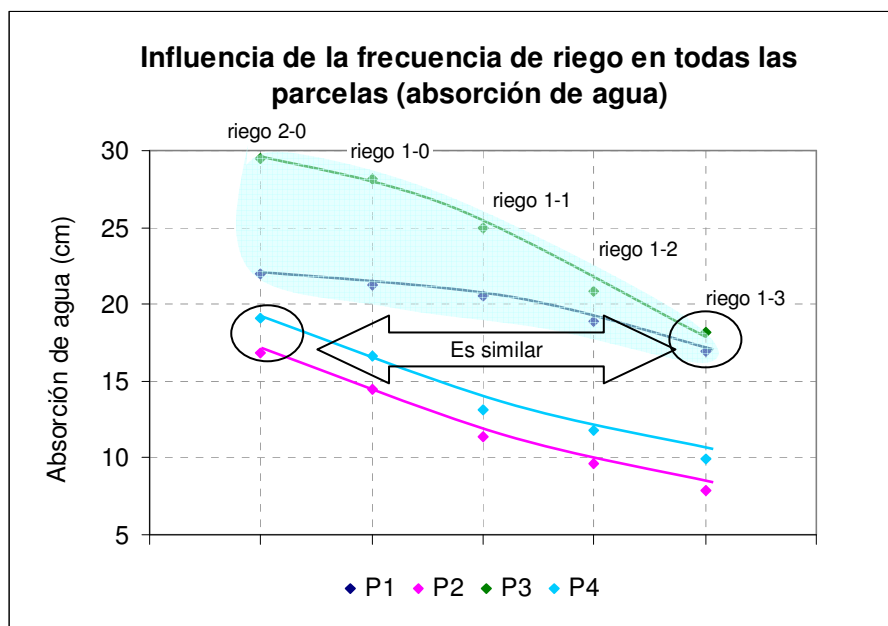


Figura 5.57 Influencia de la frecuencia de riego sobre la absorción de agua por las raíces
Comparación entre parcelas

La figura 5.58 compara la influencia de la frecuencia de riego en el drenaje en todas las parcelas. El drenaje aumenta en todas las parcelas a medida que el riego se hace menos frecuente; el incremento, sin embargo, resulta considerablemente menor en la parcela 1, mientras que en la parcela 3 el drenaje aumenta considerablemente con riegos intensos pero poco frecuentes hasta que llegan a ser muy similares a los de la parcela 4 (riego 1-3).

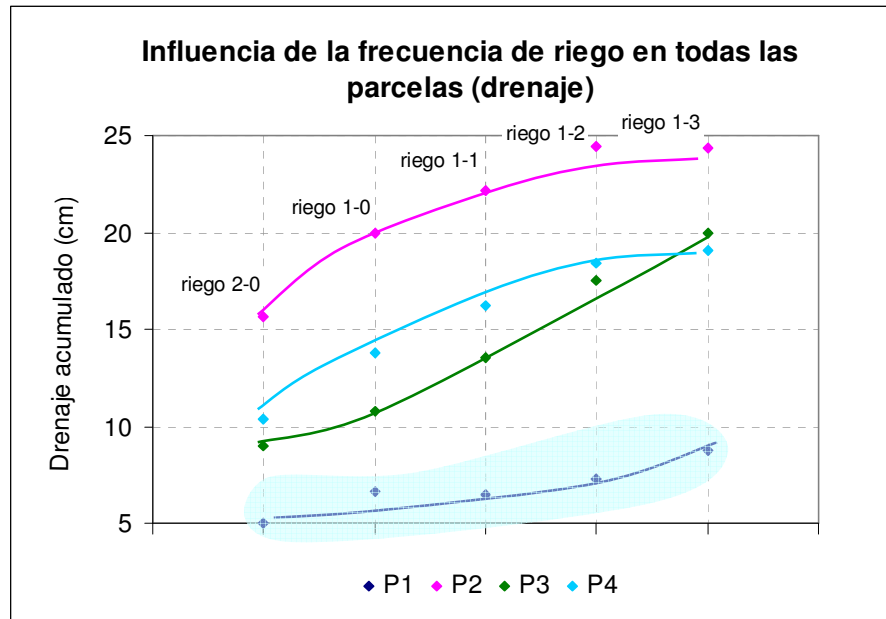


Figura 5.58 Influencia de la frecuencia de riego sobre el drenaje
Comparación entre parcelas

5.7.2. Reposición del 100% de la Evapotranspiración de referencia

En muchos estudios en campo y en invernadero el riego ha consistido en la reposición de la evapotranspiración de referencia ET_o calculada a partir de la fórmula de Penman Monteith o a través de otros métodos, incluso, en busca de la mayor eficiencia, en algunos estudios se han reducido las entradas en cierto porcentaje de ET_o con distintos resultados (Kneebone y Pepper, 1982, 1984; Feldhake, 1983; Lodge y Baker, 1992; Qian et al., 1996; Bastug y Buyuktas, 2003; Johnson, 2003; Fu et al., 2004; La Branche, 2005; DaCosta y Huang, 2005, 2006; entre otros).

En el verano de 2010 el riego tuvo como objetivo el mantenimiento de un nivel de humedad constante que garantizó la buena calidad del césped independientemente de ET_o , por lo que se simula a continuación el comportamiento de las parcelas ante un riego por reposición del 100% de la evapotranspiración de referencia calculada por la estación meteorológica. Debido a la influencia de la frecuencia de riego, la simulación presenta la misma frecuencia de riego que el caso real (riego 2-0).

El escenario, en resumen corresponde a:

- Reposición del 100% de ET_o en riego diario en dos eventos (riego 2-0)

Las figuras 5.59 a 5.66 presentan la simulación de la humedad en las condiciones reales de riego de 2010 (a la izquierda) y ante la reposición de la evapotranspiración de referencia (a la derecha). La tabla 5.27 reúne los datos de humedad promedio (12 cm), absorción de las raíces y drenaje en todas las parcelas.

En general, en todas las parcelas se encuentra que el drenaje disminuye drásticamente (entre el 84,5 y el 98% según el sustrato). La humedad en el perfil y la absorción de agua por las raíces también disminuyen. En este escenario se consigue la minimización del drenaje, pero puede que la calidad de la hierba se vea mermada por la reducción drástica del aprovechamiento del agua por las raíces (entre un 33,6 y un 41,7% dependiendo de la parcela).

Al comparar la humedad obtenida en la simulación con los valores límite de calidad de la hierba encontrados para las parcelas 2 y 4 el verano de 2011, la parcela 2 se encuentra por debajo de la humedad límite, con lo que seguramente la hierba sería visiblemente afectada. En la parcela 4 esto no sucede, pero en el rango de humedad que se obtiene en el perfil, se empieza a generar flujo preferencial (tabla 5.3), con lo que la hierba puede verse afectada; similar situación se presenta en las parcelas 1 y 3.

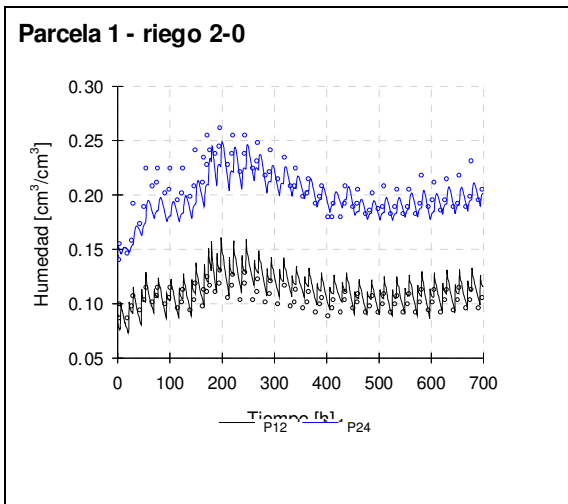


Figura 5.59 Parcela 1 – Humedad real y predicción del modelo – Riego real julio 2010

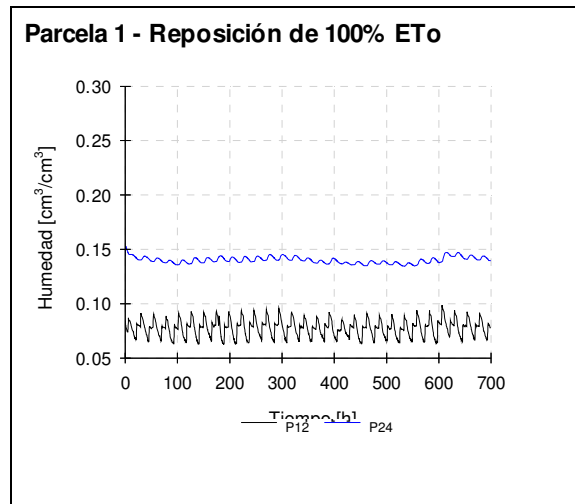


Figura 5.60 Parcela 1 – Predicción de humedad - Riego de reposición de ET_o

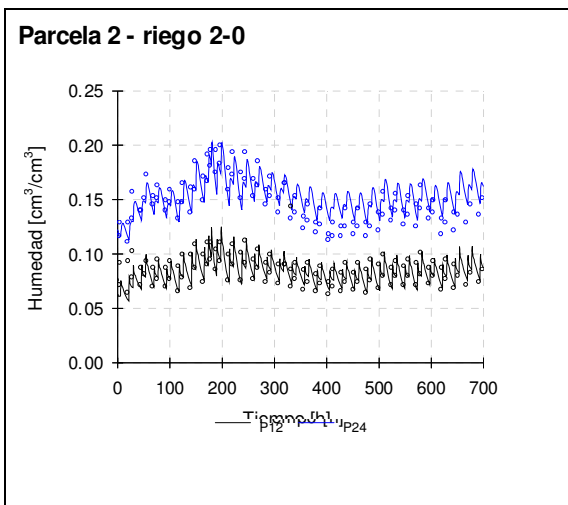


Figura 5.61 Parcela 2 – Humedad real y predicción del modelo – Riego real julio 2010

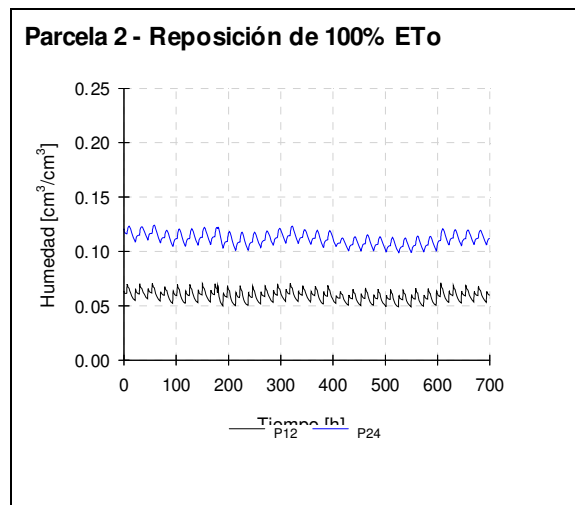


Figura 5.62 Parcela 2 – Predicción de humedad - Riego de reposición de ET_o

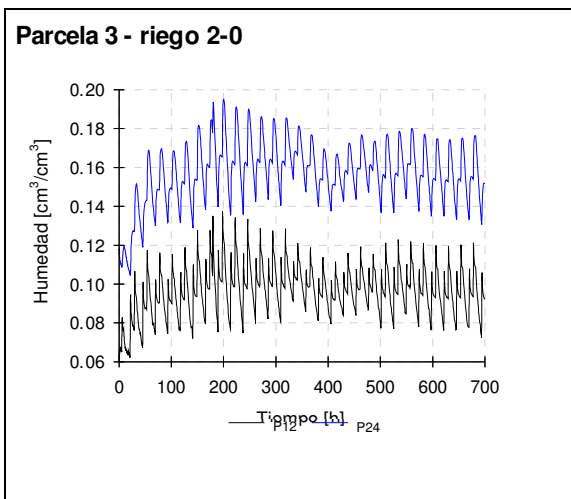


Figura 5.63 Parcela 3 – Humedad real y predicción del modelo – Riego real julio 2010

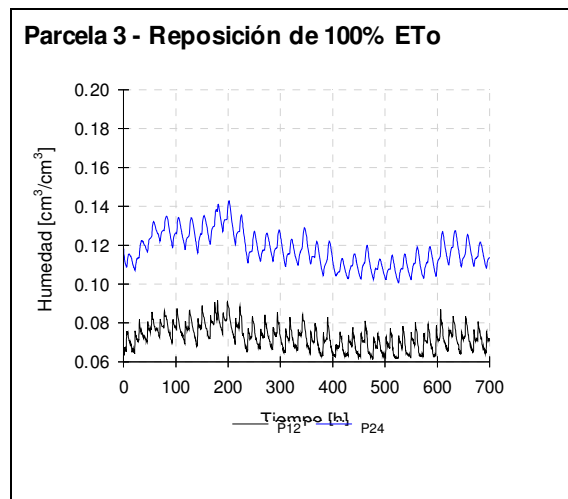


Figura 5.64 Parcela 3 – Predicción de humedad - Riego de reposición de ET_o

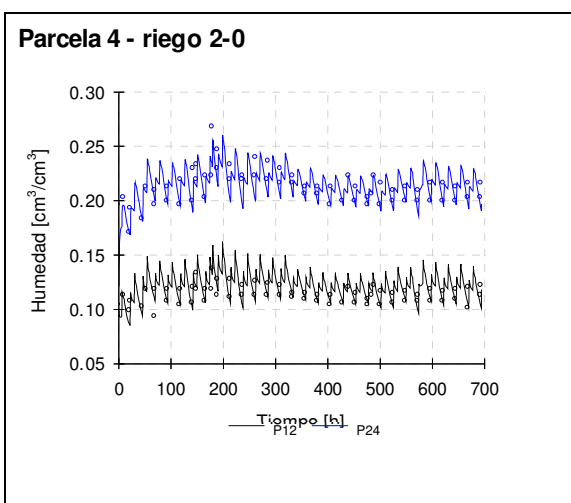


Figura 5.65 Parcela 4 – Humedad real y predicción del modelo – Riego real julio 2010

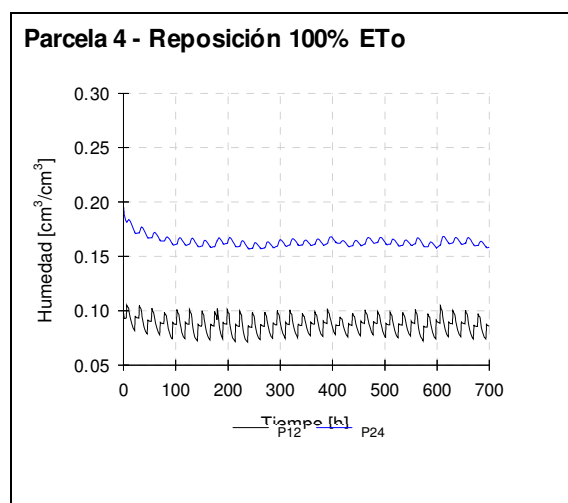


Figura 5.66 Parcela 4 – Predicción de humedad - Riego de reposición de ET_o

Tabla 5.27 Humedad promedio a 12 cm, absorción de agua y drenaje acumulado con riego real y riego por reposición de ET_o (variación en color rojo)

	Parcela							
	1		2		3		4	
	Riego real	Riego 100% ET_o	Riego real	Riego 100% ET_o	Riego real	Riego 100% ET_o	Riego real	Riego 100% ET_o
$\theta_{promedio}$ (%)	11,14	8,00	8,41	6,00	8,56	7,15	12,32	9,00
Absorción de agua por las raíces (cm)	21,93	14,35 -34,56 %	16,87	11,20 -33,61 %	24,87	14,5 -41,70%	19,12	12,60 -34,10%
Drenaje (cm)	5,00	0,094 -98,13 %	15,61	2,00 -87,19%	6,70	0,972 -85,49%	10,35	0,60 -94,20%

Con base en los datos obtenidos en la simulación y la experiencia del año 2009 en que el riego repuso ET_o , y ninguna parcela mantuvo la calidad de césped deseada, no parece ser recomendable para los sustratos del green experimental el riego por reposición de ET_o .

Las parcelas enmendadas con hidrogel, con este riego reducido, mejoran la absorción de agua por las raíces, por lo que se pueden recomendar para casos en que el riego deba reducirse.

5.7.3. Disminución paulatina de los riegos

El último escenario persigue establecer el ahorro de agua que representa la introducción del hidrogel como enmienda. Se simula la reducción progresiva en el riego en las parcelas 1 y 3 hasta que se alcanza un nivel de absorción de agua similar al de las parcelas 2 y 4 con el 100% del riego. Se escogió nuevamente el periodo de julio de 2010 ya que se mantuvo una óptima calidad de hierba en todas las parcelas pese a la elevada evapotranspiración.

El escenario, en resumen, corresponde a:

- Reducción gradual del riego de julio de 2010; frecuencia de riego 2-0.

Las tablas 5.28 y 5.29 exponen los datos de humedad promedio (a 12 cm), absorción de las raíces y drenaje en las parcelas 1 y 3 ante la reducción del 10, 20 y 30% del riego. Se comparan estos valores con los obtenidos en las parcelas 2 y 4 con el 100% del riego; las figuras 5.67 y 5.68 grafican los datos de las tablas mencionadas.

Tabla 5.28 Parcela 1 - Humedad promedio a 12 cm, absorción de agua y drenaje acumulado ante la reducción paulatina del riego (comparación con las parcelas 2 y 4)

Parcela 1	Riego 2010	-10% Riego	-20% Riego	-30% Riego	Parcela 2 Riego 2010	Parcela 4 Riego 2010
$\theta_{\text{promedio}} (\%)$	11,14	10,56	9,70	8,57	8,41	12,32
Absorción de agua por las raíces (cm)	21,93	21,55	20,70	18,91	16,87	19,12
Drenaje (cm)	5,00	3,30	1,53	0,56	15,61	10,35

Tabla 5.29 Parcela 3 - Humedad promedio a 12 cm, absorción de agua y drenaje acumulado ante la reducción paulatina del riego (comparación con las parcelas 2 y 4)

Parcela 3	Riego 2010	-10% Riego	-20% Riego	-30% Riego	Parcela 2 Riego 2010	Parcela 4 Riego 2010
$\theta_{\text{promedio}} (\%)$	8,56	8,61	8,23	7,74	8,41	12,32
Absorción de agua por las raíces (cm)	24,87	24,10	22,46	20,51	16,87	19,12
Drenaje (cm)	6,70	5,00	3,52	2,18	15,61	10,35

En las dos parcelas enmendadas con hidrogel (1 y 3) se puede reducir el consumo de agua en un 30% consiguiendo similar o mayor absorción de agua por las raíces que en las parcelas sin el aditivo con el 100% del riego; con lo que la calidad del césped no se vería afectada.

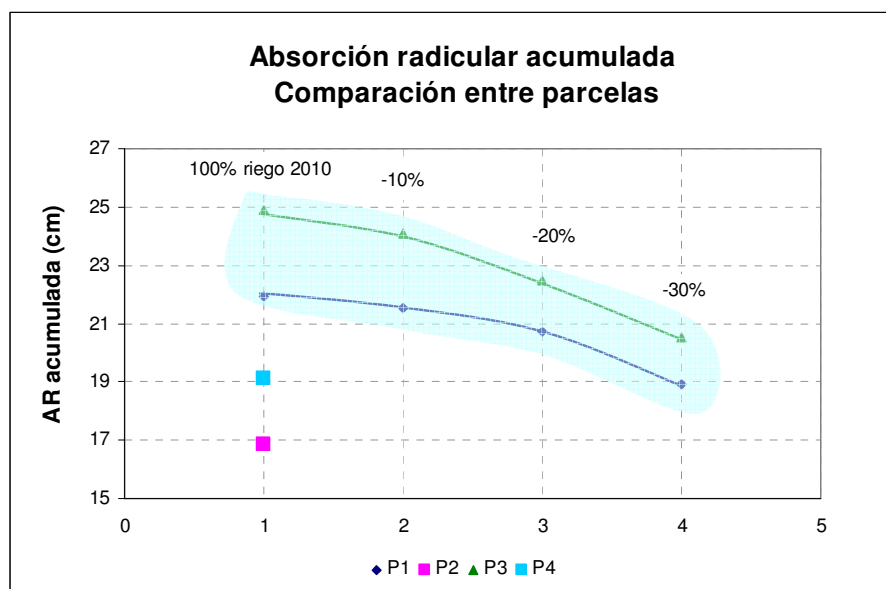


Figura 5.67 Absorción de agua por las raíces ante la reducción del riego en las parcelas con hidrogel

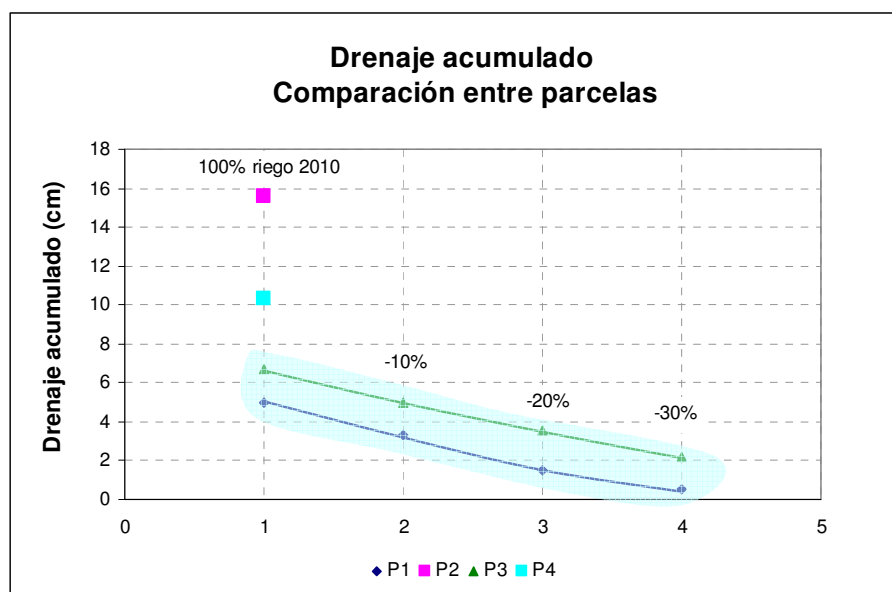


Figura 5.68 Drenaje acumulado ante la reducción del riego en las parcelas con hidrogel

La reducción del riego conlleva también una reducción en el drenaje, con lo que la eficiencia de riego se incrementa por lo que se considera que desde el punto de vista de la eficiencia de riego el uso de este aditivo es recomendable.



Capítulo 6 – Dinámica salina

6.1. Introducción

6.2. El transporte de solutos

6.3. Balance de masas – ión cloruro

6.4. Los lavados

6.5. La conductividad eléctrica en los sustratos

6. Dinámica salina

6.1. Introducción

El término salinidad se refiere al contenido de sales en el agua. Una manera habitual de expresar este contenido es mediante el parámetro *Total de Sólidos Disueltos (TSD)* que se determina en el laboratorio; otra, más simple, que se puede determinar *in situ*, es la *Conductividad Eléctrica (CE)*. Estos parámetros están directamente relacionados (USSS Staff, 1954; Bresler et al., 1982; Dudley, 1994; Woods, 2005; Ezlit, 2009; Ezlit et al., 2010; Miyamoto, 2013) por lo que se puede admitir que la medida de la *CE* es válida para representar las sales contenidas en el agua.

Las sales llegan al suelo por distintos mecanismos que generan procesos de acumulación o salinización. En los procesos de salinización de los suelos se articulan tres factores:

- El aporte de sales al suelo
- La composición del suelo
- Las características climáticas de la zona

Las sales presentes en el agua de riego y su naturaleza son posiblemente la principal fuente de sales para los suelos agrícolas así como también lo son las fertilizaciones en las que las sales se aportan directamente al suelo con miras a reponer nutrientes para los cultivos. En menor medida, las precipitaciones también pueden aportar sales, sobretodo en zonas costeras. La tabla 6.1 presenta una clasificación de las aguas de riego según su contenido de sales expresado como conductividad eléctrica (Marcum, 2006).

Tabla 6.1 Clasificación del agua de riego según su conductividad eléctrica (Marcum, 2006)

<i>Salinidad del agua</i>	<i>Conductividad eléctrica (dS/m)</i>
Baja	< 0,25
Media	0,25 – 0,75
Alta	0,75 – 2,25
Muy alta	> 2,25

La composición del suelo es un factor importante en los procesos de salinización; así, su contenido de arcillas y materia orgánica le confiere mayor o menor sensibilidad a ser afectado por la salinidad; por otro lado, la distribución de los materiales que lo componen pueden facilitar o no el drenaje, generando lavados o, en el caso contrario, acumulando sales en el suelo.

Las condiciones climáticas de la zona tienen influencia sobre los procesos de salinización: la evapotranspiración elimina el agua del suelo concentrando las sales; por el contrario, las lluvias arrastran las sales e impiden que el suelo se salinice.

La salinidad del agua en el suelo depende de la humedad, es decir, a igual cantidad de sales, la conductividad eléctrica será menor en el suelo que tenga mayor humedad por efecto de dilución. Al ser difícil separar la solución del suelo para medir la CE se añade a éste un volumen de agua y se mide la conductividad de la solución resultante. Diferentes proporciones de mezcla se presentan en la bibliografía (Carrow y Duncan, 1998; Ezlit 2009; Ezlit et al., 2010) de las cuales el valor de la CE del extracto de pasta saturada (solución 1:1) corresponde aproximadamente al valor de la conductividad cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo (CE_e) por lo que se utiliza como base para fijar los niveles de afección de un suelo por la salinidad (tabla 6.2)

Tabla 6.2 .Clasificación de los suelos según CE_e (Carrow y Duncan, 1998)

<i>Afección de los suelos por salinidad</i>	<i>CE_e (dS/m)</i>
Baja	< 1,5
Moderada	1,6 – 3,9
Alta	4,0 – 5,0
Muy alta	> 5,0

Los iones disueltos en el agua tienen distinto papel en el proceso de salinización de los suelos: unos tienen como consecuencia principal la afección al cultivo (cloruros y otros iones tóxicos) mientras que otros afectan principalmente a la estructura del suelo y, como consecuencia de ello, a sus parámetros hidráulicos (sodio, calcio, magnesio, bicarbonatos, carbonatos, entre otros).

6.1.1. Afección al cultivo

Los problemas que genera la salinidad se hacen notorios cuando los niveles de sales en los suelos superan la tolerancia del cultivo.

La salinidad afecta al proceso mediante el cual las plantas toman el agua y los nutrientes del suelo (ósmosis) en el que las moléculas de agua se mueven de la solución del suelo (de baja concentración de sales) a una zona de mayor concentración salina (célula) a través de una membrana semipermeable. El potencial osmótico depende de la diferencia entre la concentración en la solución y las células. Cuando un exceso de sales incrementa la concentración en la solución, el gradiente osmótico cambia dificultando a las plantas tomar agua del suelo por ósmosis, entrando en estrés hídrico. Si la concentración es suficientemente alta en la solución, el

potencial osmótico se invierte y el agua pasa de las células al suelo, afectando gravemente la planta (Mitra, 2000). Los mecanismos que tienen las plantas para hacer frente a esta situación son distintos. Algunos cultivos acumulan sales para ajustar el gradiente osmótico resistiendo la salinidad, pero cuando la concentración de sales alcanza niveles tóxicos, la planta se afecta; otros cultivos presentan mecanismos de exclusión de sales (las eliminan) por lo que pueden ser más tolerantes a la concentración de sales en los suelos (Marcum, 2006).

La medida de la afección de los cultivos por la salinidad depende de factores ambientales, edáficos, biológicos y culturales, sobre todo en el césped de los greens de los campos de golf.

Los investigadores toman como referencia distintos parámetros para medir la afección del césped por la salinidad: el aspecto (Baird et al., 2013; Gómez de Barreda et al., 2009; Qian y Fu, 2005), el peso seco de los recortes (RLW), porcentaje de área verde de las hojas (GL), el peso seco (RW) y la longitud de las raíces (RL) (Marcum, 2001; Alshammary et al., 2004), la tasa fotosintética capilar, total de carbohidratos no estructurales, la reducción del contenido de azúcar en los brotes y el contenido de sodio y potasio en raíces y brotes (Qian y Fu, 2005; Fu et al., 2005) o el peso fresco de la parte aérea del césped (Gómez de Barreda et al., 2009). En particular los estudios hechos sobre la hierba de clima frío *Agrostis stolonífera* indican que su tolerancia a la salinidad depende de distintos factores. Los siguientes párrafos recopilan la información encontrada sobre la tolerancia a la salinidad de la hierba.

Marcum (1999) sintetiza el trabajo de otros investigadores (Beard, 1973; Horst y Beard, 1977, Harivandi, 1988; Harivandi et al., 1992) y sitúa el rango de tolerancia de las variedades de *Agrostis* entre 6 y 16 dS/m.

Marcum (2001) sometió a muchas variedades del género *Agrostis*, entre las que se encontraba la L93, a una exposición de 10 semanas a CE_e de 8 dS/cm encontrando reducción en el peso seco de los recortes al 30% del valor de control mientras que el área verde de las hojas sólo llegaba al 20%. Aunque la hierba seguía viva, no son parámetros aceptables para un green.

Qian y Fu (2005) sometieron durante 10 semanas distintas variedades de *Agrostis* (incluida la L93) a riegos de 8 dS/m para determinar su tolerancia a la salinidad. En este estudio, cuando la salinidad del suelo EC_e alcanzó los 6 dS/m, la calidad de la hierba L93 segada a 6,4 mm se encontró por debajo de la calidad aceptable manteniéndola, sin embargo, a alturas de corte mayores. Como complemento a este estudio, Fu et al. (2005) calcularon por regresión lineal que el límite de calidad para la variedad L93 (altura de siega 6,4 mm) se encuentra en 5,7 dS/m. Esto lleva a pensar que a una altura de corte aún menor, 3 mm en los greens, el césped puede afectarse a niveles de conductividad menores.

Gómez de Barreda et al. (2009) sometieron variedades de *Agrostis* (incluida *L93*) a riegos con aguas de conductividades de 1,1 a 15 dS/m durante 16 riegos en invierno-primavera y durante 10 riegos en primavera-verano encontrando una buena calidad de césped al final de los riegos de conductividad (1,4; 1,1, 3 y 7 dS/m) en la temporada invierno-primavera y una calidad inaceptable al final de sólo 10 riegos en primavera –verano independientemente de la conductividad, con lo que se demuestra que en las estaciones más cálidas del año la sensibilidad del césped a la salinidad es mayor.

Devitt et al. (2007) regaron con aguas de salinidad comprendida entre 0,8 y 2,2 dS/m calles y greens en distintos campos de golf. En algunos de los greens sembrados con variedades de *Agrostis* más sensibles que *L93*, obtuvieron buenos resultados aún cuando la conductividad media del suelo alcanzara los 4,6 dS/m.

De los párrafos anteriores se puede aproximar que la variedad de *L93* segada a altura de green afectaría su calidad hasta niveles no aceptables antes que la conductividad del suelo alcanzase los 5,7 dS/m, pero podría soportar niveles de CE_e mayores de 4,6 dS/m. En primavera –verano la tolerancia a la salinidad de la hierba podría reducir estos límites.

La gestión de la salinidad en los campos de golf está orientada a evitar que se alcancen niveles de salinidad que afecten al césped, lo que, por lo general, se consigue aplicando un exceso de riego que arrastra las sales acumuladas alejándolas de la zona radicular; en el caso de los greens, llevándolas hacia el drenaje, fuera del perfil.

El drenaje requerido (teórico) para mantener la salinidad del suelo por debajo del nivel de tolerancia del césped se denomina fracción de lavado (FL); se calcula mediante la ecuación (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954):

$$FL = \frac{CE_{\text{agua.de.riego}}}{CE_{\text{drenaje}}} = \frac{Volumen_{\text{drenaje}}}{Volumen_{\text{infiltrado}}} \quad (43)$$

donde CE_{drenaje} es la salinidad máxima que se puede alcanzar en la zona radicular, que en el caso del césped, corresponde a su tolerancia a la salinidad.

La ecuación 43 se toma como una primera aproximación del volumen extra de riego requerido para el control de la salinidad en el suelo pues no considera las condiciones meteorológicas variables (el incremento de la evapotranspiración en primavera y verano), el tipo de flujo transitorio, ni que el valor de CE_e es dinámico y variable temporal y espacialmente (Miyamoto, 2013; Ezlit et al., 2010).

6.1.2. Afección al suelo

Los iones Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} y HCO_3^- están contenidos en mayor o menor cantidad en el agua de riego. Su concentración y proporción puede tener como efecto la alteración de la estructura del suelo y la modificación de sus propiedades hidráulicas, afectando al flujo del agua en su interior. La solución a este problema resulta complicada pues, además de lavados, se requiere tratar el agua de riego y aportar ciertas enmiendas al suelo.

Dependiendo de su concentración, el sodio en los suelos puede tener un efecto desestabilizador al intercambiarse con cationes más grandes que forman parte de la estructura del suelo. El efecto de este intercambio es el colapso de los poros, la disminución de la conductividad hidráulica, el contenido de oxígeno en los poros y consecuentemente, la falta de desarrollo radicular y afección al cultivo.

Mientras en el suelo los factores que lo hacen sensible al sodio son su capacidad de intercambio catiónico (*CIC*), la relación de adsorción de sodio (*RAS*) y el porcentaje de sodio intercambiable (*PSI*), en el agua de riego, su potencial afección al suelo viene dada por la relación de adsorción de sodio del agua de riego (*RAS_w*) y otros parámetros relacionados con el contenido de carbonatos y bicarbonatos.

La relación de adsorción de sodio (*RAS*) es la proporción en que se encuentran los iones sodio, calcio y magnesio en el suelo (*RAS*) o en el agua (*RAS_w*). Es el parámetro más utilizado para determinar si un suelo ha sido afectado por el sodio o si el agua de riego puede afectarlo. En el caso del suelo hace falta un dato más para conocer su propensión a la sodificación: el *PSI*, que indica si un suelo tiene un nivel alto, moderado o bajo de posiciones en que los cationes grandes pueden ser reemplazados por el sodio (catión pequeño), desestabilizando la estructura del suelo.

$$RAS = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}}{2}}} \quad (44)$$

Un factor determinante en la vulnerabilidad del suelo es el contenido de arcillas al ser un material que puede ser fácilmente desestabilizado por tener una alta capacidad de intercambio catiónico (*CIC*). En suelos con bajo contenido de arcillas, estas partículas pueden llegar a migrar y depositarse en los poros tapándolos, resultando en una disminución de la conductividad hidráulica.

Las tablas 6.3 y 6.4 indican la clasificación de los suelos según los valores de *RAS* y *PSI* en el agua intersticial y el potencial “modificador” de las aguas según el valor de *RAS_w*

Tabla 6.3 Clasificación de los suelos según su afección por sodio (Carrow y Duncan, 1998)

<i>Clasificación de los suelos según su afección</i>	<i>RAS (meq/L)</i>	<i>PSI</i>
Ninguna	< 2,1	< 3
En aumento	2,1 – 12	3,0 – 15,0
Severa	> 12	> 15

Tabla 6.4 Clasificación de las aguas según el peligro por sodio (Carrow y Duncan, 1998)

<i>Clasificación de las aguas según el peligro por sodio</i>	<i>RASw (meq/L)</i>
Bajo	< 10
Medio	10 – 18
Alto	18 – 26
Muy alto	> 26

Entre los objetivos del presente estudio se encuentra el análisis del movimiento de las sales en los sustratos del green experimental por su directa afección a la calidad del césped, especial preocupación en el golf. El estudio de la afección por sodio no es abarcado debido a que el sustrato utilizado en la construcción de las parcelas presentaba un porcentaje muy reducido de arcillas (0,2 %) y a que no se pudo evidenciar afección a la tasa de infiltración de las parcelas manteniéndose elevadas durante el periodo de investigación (2009 – 2011). Sin embargo, es recomendable referirse al trabajo de Ezlit (2009) que modeliza el cambio en la conductividad hidráulica del suelo debido a la aplicación de agua salina/sódica.

El tema de la salinidad del agua de riego es de preocupación en el mundo del golf debido a que la escasez de fuentes de agua de buena calidad ha desplazado los usos deportivos conminándolos al uso de aguas de menor calidad y por lo tanto de mayor salinidad y sodicidad. Las aguas residuales tratadas se han convertido en un recurso que se usa comúnmente en el riego de campos de golf en Estados Unidos (Mancino y Pepper, 1992; Qian y Mecham, 2005; Sevostianova et al., 2011). En la Comunidad Valenciana, la Ley 9/2006 reguladora de campos de golf prioriza el uso de aguas depuradas para el riego con lo que es probable que los problemas asociados con la calidad del agua de riego tengan que ser gestionados.

Como ejemplo, el estudio de Candela et al. (2007) sobre el uso de aguas regeneradas para el riego de campos de golf encuentra un aumento de la salinidad y de la concentración de iones calcio (Ca^{+2}) en el agua del acuífero subyacente, señal de que los procesos de salinización e intercambio catiónico en el suelo empiezan a suceder.

Sobre el uso de aguas regeneradas en los campos de golf, Millet (2004) hace especial énfasis en el equilibrio de los factores conductividad eléctrica y contenido de nutrientes del agua de riego y la precipitación anual para conseguir buenos resultados, con lo que es un tema que debe ser analizado con miras a entender el proceso y modelizar escenarios para actuar adecuadamente antes de que aparezcan afecciones a la hierba o complicaciones en el suelo.

6.2. El transporte de los solutos

El movimiento de compuestos químicos a través del suelo es el resultado de la interacción del soluto con el fluido que lo transporta, con la matriz del suelo y con otras especies químicas contenidas en el suelo y en el agua.

En el transporte de solutos concurren los procesos de advección, dispersión hidrodinámica y adsorción.

La *advección* es la principal causante del transporte de solutos, de manera que el soluto sigue el mismo camino del agua que lo transporta por lo que es función del potencial y del contenido de agua en el suelo (Woods, 2005; Montoya, 2008).

La *dispersión* abarca dos mecanismos: la difusión molecular y la dispersión hidromecánica. La difusión molecular se da cuando en el disolvente existe un gradiente de concentración de solutos; los iones migran de zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración en busca de un equilibrio en la concentración en el disolvente. En el suelo es función de la humedad y la temperatura. Al incrementarse el contenido de agua en el suelo la continuidad del agua en los poros facilita la difusión de solutos; el incremento de temperatura incrementa también la movilidad de los solutos (Woods, 2005). El componente mecánico de la dispersión es el resultado de las variaciones de la velocidad advectiva causada por la existencia de vías tortuosas causadas por la geometría de los poros y fuerzas a las que puede someterse el soluto dentro de la matriz, la difusión molecular, etc. En la mayoría de los estudios la difusión molecular no alcanza a ser importante (ronda el 5%) con lo que al simplificar, el flujo dispersivo se atribuye a la dispersión hidromecánica (Vanderborght y Vereecken, 2005).

La *adsorción* es el proceso por el que el soluto queda retenido en la superficie de las partículas de suelo por fuerzas electrostáticas y/o fenómenos de intercambio iónico por la existencia de cargas netas en la superficie de la fase sólida. La relación de la distribución de un soluto entre las fases líquida y sólida viene dada por la isoterma de adsorción y la cinética del proceso (García, 2006; Montoya, 2008). Iones como el cloruro y el bromuro no presentan adsorción ni reacción con el suelo por lo que son considerados trazadores conservativos.

La ecuación general del transporte de solutos, basada en las leyes de Fick, refleja el aporte de cada mecanismo al movimiento de solutos en el suelo:

$$-\frac{\partial qC}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z}(\theta D \frac{\partial C}{\partial z}) - \frac{\partial \rho S}{\partial t} + \theta \Gamma = \frac{\partial \theta C}{\partial t} \quad (45)$$

donde z es la coordenada vertical (se entiende como positivo hacia arriba), t es el tiempo, h es el potencial, θ es el contenido de agua, C y S son la concentración del soluto en las fases líquida y sólida respectivamente, q es la densidad volumétrica de flujo, ρ es la densidad aparente y D es el coeficiente de dispersión (Šimůnek et al., 2003).

En esta ecuación los términos primero, segundo y tercero se refieren a la advección, dispersión y adsorción respectivamente, se incluye el término Γ para presentar las reacciones que puedan tener lugar durante el transporte.

6.3. Balance de masas – ión cloruro

Mediante el balance de masas es posible cuantificar el proceso de enriquecimiento de sales que sufren los perfiles del green experimental debido al riego, las lluvias y las prácticas culturales. El balance de masas corresponde a la cuantificación de la masa que ingresa y la que abandona el perfil; su diferencia constituye la acumulación más la fracción que es asimilada por el cultivo. La figura 6.1 presenta un esquema del balance de sales en las parcelas del green experimental.

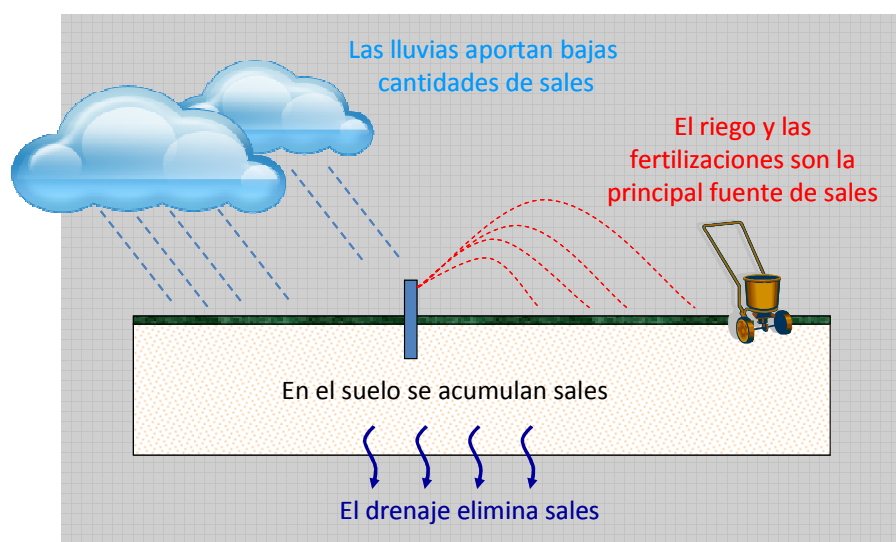


Figura 6.1 Esquema del balance de sales en las parcelas del green experimental

El ión más importante que interviene en el proceso de salinización es el ión cloruro (Cl^-). Generalmente se considera que el ión cloruro es conservativo, es decir, que no reacciona con el medio, no se pierde por evaporación y no es absorbido por el cultivo, por lo que muchos investigadores lo utilizan como trazador del flujo del agua (Allison y Hughes, 1983; Allison et al., 1994; Woods, 2005; Legout et al., 2009; entre otros) y en la estimación de la recarga (Dettinger,

1989; Wood, 1999; Subyani, 2004; Demlie et al., 2007; Houston, 2007; Custodio, 2010; Cruz et al., 2011; Alcalá et al., 2011; entre otros); otros investigadores encuentran, sin embargo, que en ecosistemas forestales, el cloruro no se comporta como un ión conservativo (Öberg y Sandén, 2005; Bastviken et al., 2007; Gryndler et al., 2008; Kirchner et al., 2010; Svensson et al., 2012).

El cloruro es también un micronutriente por lo que un pequeño porcentaje de cloruro es absorbido por el cultivo que por lo general se desprecia en el balance (Kleinhenz, 1999; White y Broadley, 2001). Una mayor absorción de este ión depende de la variedad y del mecanismo que haya desarrollado la planta para tolerar la salinidad (Cordukes y Parups, 1971; Chetelat y Wu, 1986; White y Broadley, 2001; Marcum y Pessarakli, 2006; Seita et al., 2008; Li et al., 2010). Considerando este último punto, se ha creído conveniente incluir en el balance de cloruros un término sumidero ($Cl_{absorbido}$) que representa la absorción por el césped expresada en la ecuación siguiente (ecuación 46)

$$Cl_{riego} + Cl_{lluvias} = Cl_{drenaje} + Cl_{acumulado} + Cl_{absorbido} \quad (46)$$

6.3.1. Entradas

El cloruro aportado por las lluvias se ha calculado multiplicando el volumen de precipitación por la concentración de cloruro en el agua de lluvia. La lluvia tomada como referencia para este cálculo corresponde a la precipitación de 19,7 mm del 30/03/2010. Su conductividad eléctrica y concentración de Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y PO_4^{3-} figuran en la tabla 6.5.

Tabla 6.5 Parámetros fisicoquímicos del agua de lluvia

Parámetro	CE ($\mu S/cm$)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
Valor	16,0	4,7	4,7	7,4	N.D*

El cloruro aportado por los riegos se ha determinado multiplicando el volumen de riego por la concentración promedio de cloruro en el agua de riego (anexo G). El valor promedio de conductividad y contenido de aniones del agua de riego se presenta en la tabla 6.6. De acuerdo con la tabla 6.1, el riego en el green experimental se realizó con agua de salinidad media.

Tabla 6.6 Parámetros fisicoquímicos del agua de riego

Parámetro	CE ($\mu S/cm$)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
Valor	722,6	44,4	20,1	230,5	N.D*

* N. D: No detectado

6.3.2. Salidas

El cloruro que abandona los perfiles de las parcelas corresponde al volumen del agua de drenaje multiplicado por su concentración de cloruro. Para esta determinación se colectaron muestras diarias del agua de drenaje para su posterior análisis. La conductividad eléctrica y la concentración de los iones cloruro, nitrato, sulfato y fosfato fueron determinadas en el agua de drenaje del 09/09/2008 al 10/07/2010 mediante cromatografía iónica; desde entonces y hasta el fin de la experiencia, sólo se determinó la conductividad eléctrica de las muestras.

Las figuras 6.2 a 6.5 presentan la relación entre la concentración de cloruro y la conductividad eléctrica en las muestras entre el 01/01/09 y el 10/07/10. La correlación entre los valores es buena, por lo que en las muestras posteriores a julio de 2010, la concentración de cloruro se estima a partir de la *CE*.

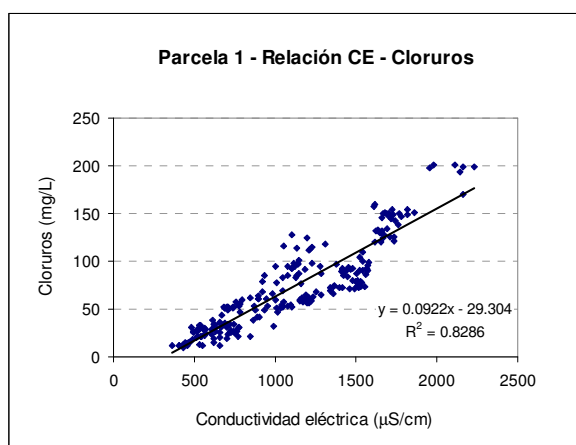


Figura 6.2 Parcela 1 – Relación entre CE y la concentración de cloruros

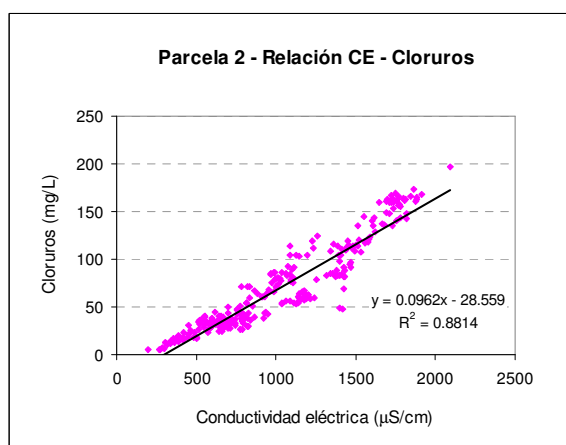


Figura 6.3 Parcela 2 – Relación entre CE y la concentración de cloruros

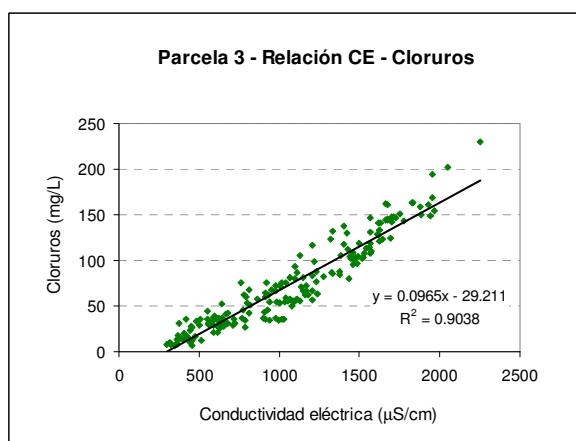


Figura 6.4 Parcela 3 – Relación entre CE y la concentración de cloruros

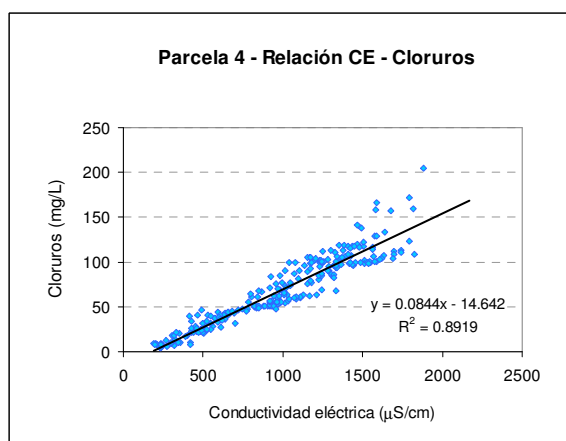


Figura 6.5 Parcela 4 – Relación entre CE y la concentración de cloruros

Aunque no son sujetos del presente estudio, cabe mencionar que similar buena correlación se encuentra con los iones sulfato (figuras 6.6 a 6.9), no así con los nitratos y fosfatos de las que sólo se presentan las figuras correspondientes a la parcela 1 (figuras 6.10 y 6.11)

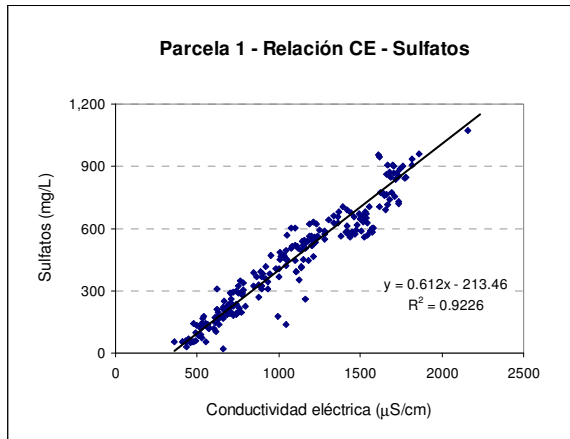


Figura 6.6 Parcela 1 – Relación entre CE y la concentración de sulfatos

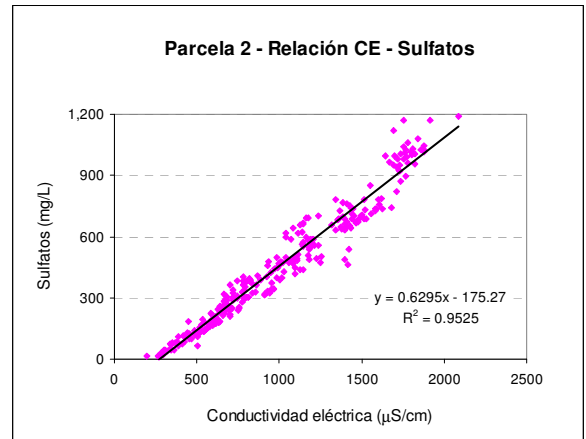


Figura 6.7 Parcela 2 – Relación entre CE y la concentración de sulfatos

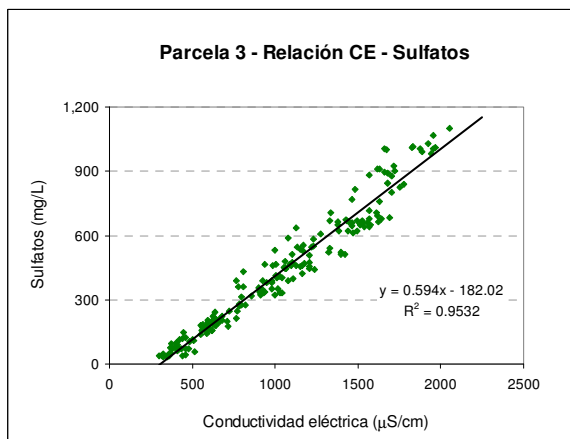


Figura 6.8 Parcela 3 – Relación entre CE y la concentración de sulfatos

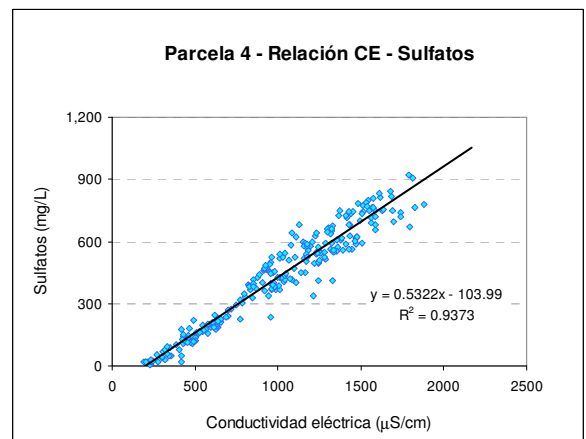


Figura 6.9 Parcela 4 – Relación entre CE y la concentración de sulfatos

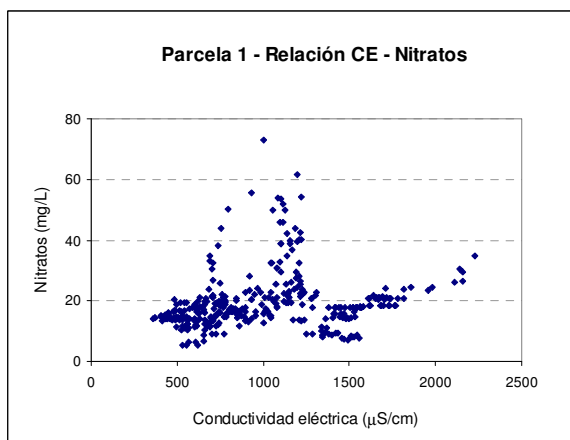


Figura 6.10 Parcela 1 – Relación entre CE y la concentración de nitratos

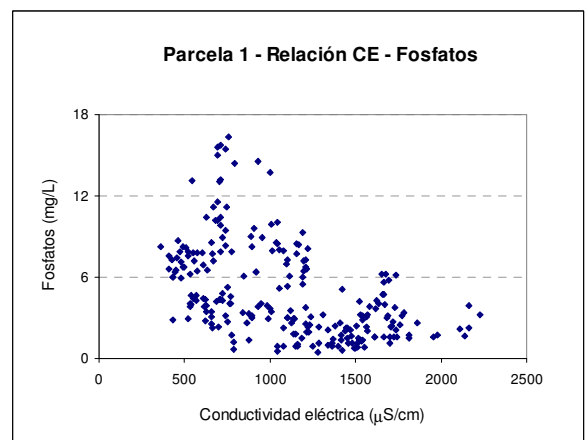


Figura 6.11 Parcela 1 – Relación entre CE y la concentración de fosfatos

Chang et al. (1983) manifiestan en su estudio una fuerte correlación entre el contenido aniónico y la conductividad eléctrica; dependiendo del tipo de suelo, la correlación puede ser mayor con un anión o con otro. Woods (2005) encuentra una buena correspondencia entre el ión sulfato y la *CE*, y más bien pobre con el nitrato y el cloruro. Dyck (2001) tiene resultados similares a Woods (2005) y sugiere que la *CE* puede ser utilizada para cuantificar el transporte de solutos.

En la presente investigación se asume que la relación encontrada con la conductividad eléctrica se mantiene durante el año 2011 por lo que se cuenta con datos de las salidas de cloruro hasta finales de septiembre de 2011.

6.3.3. Acumulación

La diferencia de las entradas menos las salidas de cloruro corresponden, según la concepción del balance, a la acumulación de cloruro en los sustratos más la absorción por las plantas (46).

$$Cl_{riego} + Cl_{lluvias} = Cl_{drenaje} + Cl_{acumulado} + Cl_{absorbido}$$

No se han encontrado referencias sobre la absorción de sales de la variedad *Agrostis stolonifera* L93 pero, con base en el estudio de Cordukes y Parups (1971), se ha calculado que, bajo las condiciones de la presente investigación, la absorción de una variedad de *Agrostis* no superaría los 0,5 g /m² en todo el periodo de estudio; asignar este valor a la variedad L93 conlleva una gran imprecisión pero no se cuenta con un dato mejor. El cloruro acumulado en las parcelas durante el estudio está comprendido entre 50 y 90 g/m² (figura 6.12), muy superior a la potencial absorción por la hierba, por lo que se asume que se puede despreciar y que, por lo tanto, no hay un sumidero de este ión.

Los balances de cloruro de enero de 2009 a septiembre de 2011 en todas las parcelas se muestran en la tabla 6.7 detallados por estación. La figura 6.12 presenta gráficamente la acumulación de cloruro en las parcelas del green experimental.

En general puede apreciarse que, salvo en otoño de 2009 en que hubo un episodio de gota fría y lavado efectivo de sales, el cloruro se acumula en el perfil en mayor o menor cantidad según la época del año y las actividades culturales. Las épocas del año con menor acumulación promedio corresponden a otoño e invierno con excepción del invierno de 2011 en que las pruebas de trazadores requirieron un mayor riego y por tanto, aporte de cloruros. Se observa también que, en promedio, la mayor acumulación de cloruro se produjo en verano de 2010 posiblemente debido al mantenimiento de un nivel de humedad elevado en los sustratos. El verano de 2011 es el segundo periodo con mayor acumulación de cloruros pero el verano de 2009 se encuentra entre los periodos con menor acumulación; el reducido riego puede ser una de las causas de la baja

acumulación, también lo son el reciente establecimiento del green y la existencia de una proporción importante de macroporos en los sustratos que permiten la circulación de las sales hacia el drenaje, debido a la baja humedad en el sustrato durante esa temporada (inferencia a partir del resultado del modelo ante el riego por reposición de ET_o).

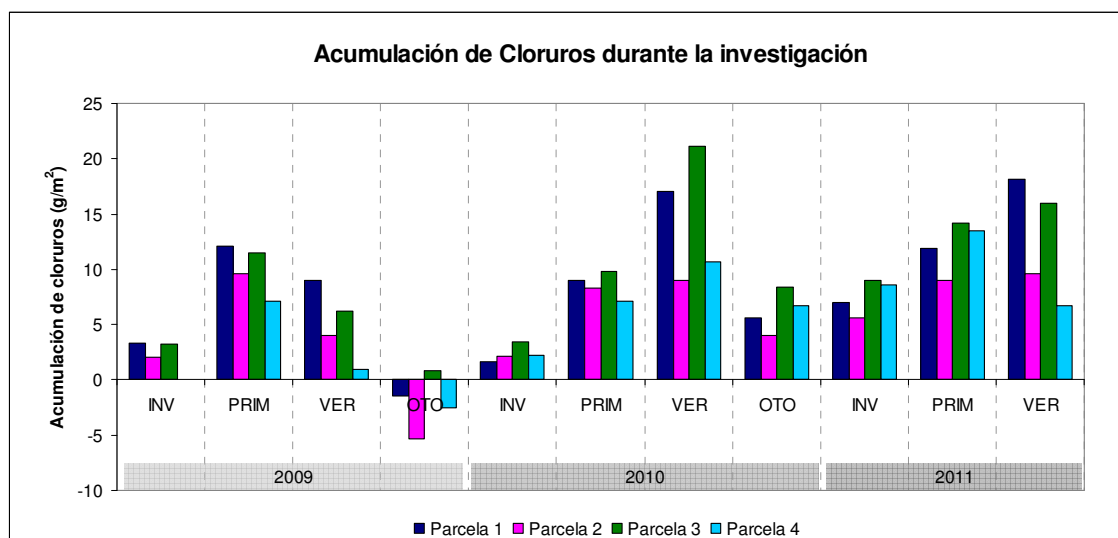


Figura 6.12 Acumulación de cloruro durante la investigación

La acumulación de cloruros en el suelo es un proceso que se ha estudiado en ecosistemas forestales en los que se encuentra que, lejos de ser no reactivo, el cloruro participa de un complejo ciclo biogeoquímico en el que intervienen el intercambio iónico, la adsorción a constituyentes del suelo, la absorción por microorganismos y vegetación y la conversión o inclusión en formas orgánicas y humus presentes en el suelo (Nodvin et al., 1986; Larsson y Jarvis, 1999; Öberg y Sandén, 2005; Bastviken et al., 2007; Gryndler et al., 2008; Kirchner et al., 2010; Redon et al., 2011; Svensson et al., 2012). Debido a la reciente construcción del green y al proceso de consolidación de hierba y sustratos, se considera que alguno de estos mecanismos puede estar detrás de la acumulación del ión en los sustratos no enmendados con hidrogel (2 y 4). En los sustratos que sí lo contienen, se sumaría la capacidad de retención de agua, y consecuentemente de sus sales, del aditivo.

El desarrollo de la acumulación de cloruro en la parcela 4 y su relación con las lluvias puede observarse en la figura 6.13. Tomando como referencia el contenido de cloruro del 21 de marzo de 2009, el proceso de acumulación de cloruro se ve detenido, incluso revertido, durante las lluvias del año 2009: las lluvias de alrededor de 20 mm en días consecutivos de la primavera evitan la acumulación de cloruro en el perfil y la gota fría de inicios de otoño revierte la acumulación del verano. En 2010, las lluvias del invierno prácticamente evitan la acumulación de sales, en adelante, y hasta el final de la investigación, las lluvias, incluso las precipitaciones mayores de 20 mm sólo consiguen pequeños lavados y el proceso de acumulación de cloruro

progresas. El verdadero causante de esta acumulación parece ser el aporte de sales del agua de riego y la consolidación de los sustratos y la hierba que disminuyen el potencial de lavado de las lluvias y del exceso de riego.

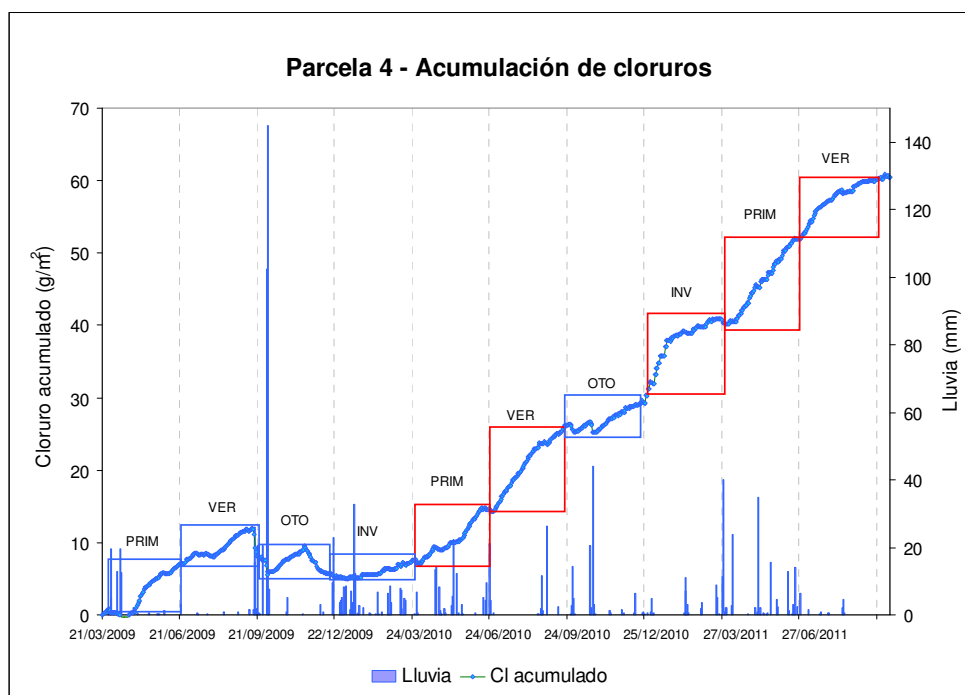


Figura 6.13 Acumulación de cloruro en la parcela 4

Similar proceso sufren las parcelas enmendadas del green experimental, pero la magnitud de la acumulación de cloruro varía dependiendo de la composición del sustrato, como se advierte en la figura 6.14.

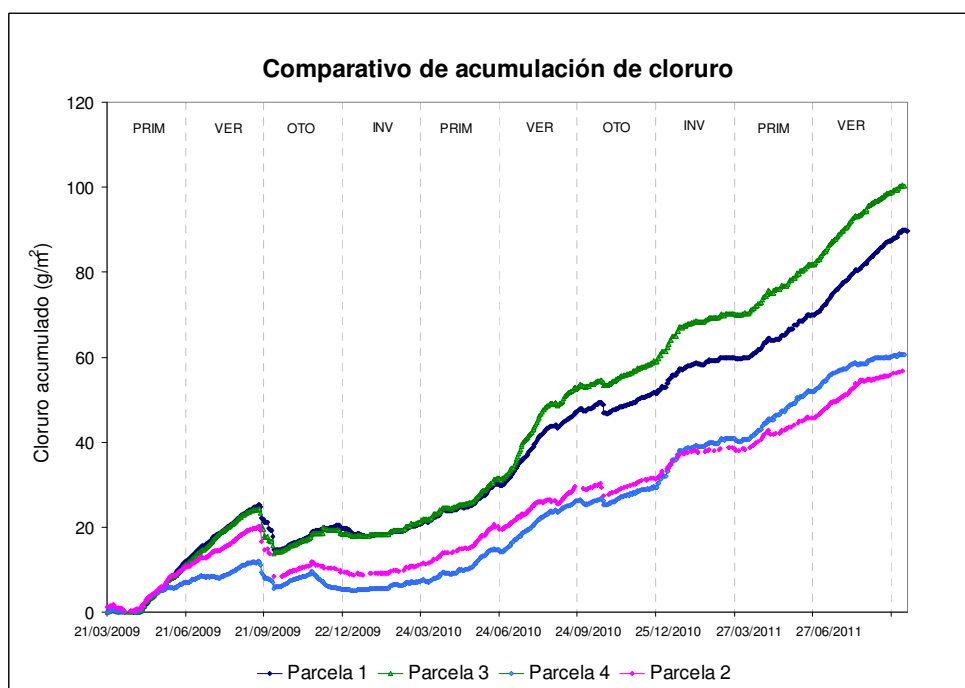


Figura 6.14 Acumulación de cloruro en todas las parcelas

Tabla 6.7 Balance de cloruros durante la investigación

<i>Parcela 1</i>	<i>2009</i>				<i>2010</i>				<i>2011</i>		
	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>	<i>OTO</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>	<i>OTO</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>
Entradas (g)	166,36	609,5	655,53	321,57	186,3	425,58	962,2	428,39	355,35	508,52	744,66
Salidas (g)	40,66	156,21	317,62	374,12	123,56	89,17	324	218,89	91,95	62,15	66,27
Acumulado (g)	125,7	453,29	337,91	-52,55	62,74	336,41	638,2	209,5	263,4	446,37	678,39
Acum.(g/m ²)	3,36	12,10	9,02	-1,40	1,67	8,98	17,04	5,59	7,03	11,92	18,11

<i>Parcela 2</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>	<i>OTO</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>	<i>OTO</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>
Entradas (g)	159,07	602,5	659,5	328,8	207,94	564,64	1282,1	503,62	411,4	534,65	981,45
Salidas (g)	82,91	243,41	510,09	528,08	127,91	251,68	945,74	352,68	202,08	195,73	620,21
Acumulado (g)	76,16	359,09	149,41	-199,28	80,03	312,96	336,36	150,94	209,32	338,92	361,24
Acum.(g/m ²)	2,03	9,56	3,98	-5,30	2,13	8,33	8,95	4,02	5,57	9,02	9,61

<i>Parcela 3</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>	<i>OTO</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>	<i>OTO</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>
Entradas (g)	138,61	571,75	589,81	409,33	227,16	507,03	1345,69	510,15	442,13	630,96	1039,62
Salidas (g)	22,65	153,6	362,54	378,06	101,24	148,56	576,48	205,26	114,1	112,57	457,86
Acumulado (g)	115,96	418,15	227,27	31,27	125,92	358,47	769,21	304,89	328,03	518,39	581,76
Acum.(g/m ²)	3,18	11,46	6,23	0,86	3,45	9,82	21,07	8,35	8,99	14,20	15,94

<i>Parcela 4</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>	<i>OTO</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>	<i>OTO</i>	<i>INV</i>	<i>PRIM</i>	<i>VER</i>
Entradas (g)	Sin datos	642,69	655,54	305,36	192,07	471,8	1061,37	528,52	492,66	677,42	949,13
Salidas (g)		391,6	623,4	396,6	113,88	221,69	682,54	290,86	189,07	201,88	713,26
Acumulado (g)		251,09	32,14	-91,24	78,19	250,11	378,83	237,66	303,59	475,54	235,87
Acum.(g/m ²)		7,09	0,91	-2,58	2,21	7,06	10,70	6,71	8,57	13,43	6,66

Promedio (g/m²)	2,85	10,05	5,03	-2,11	2,37	8,55	14,44	6,17	7,54	12,14	12,58
---------------------------------------	------	-------	------	-------	------	------	-------	------	------	-------	-------

Las parcelas enmendadas con hidrogel (1 y 3) retienen mejor las entradas de agua y acumulan, al final de la experiencia, entre un 61 % y un 76 % más de cloruro que sus homólogas no enmendadas (parcelas 2 y 4 respectivamente). La parcela enmendada con materia orgánica (parcela 2) presenta inicialmente mayor acumulación de cloruro que la parcela 4, lo que se espera debido a las posibles interacciones entre la materia orgánica y el cloruro, que no se dan en la parcela 4. En invierno de 2011, sin embargo, la acumulación de cloruro en la parcela 4 supera a la parcela 2, probablemente debido a que las pruebas con el trazador fueron más intensas en la parcela 100% arenosa aunque no se descarta que la formación paulatina de materia orgánica en la parcela 4 haya disminuido paulatinamente la diferencia en la acumulación de este ión con respecto a la parcela 2.

La tabla 6.8 resume la cantidad de cloruro acumulado en cada parcela en el periodo comprendido entre el 21 de marzo de 2009 y el 23 de septiembre de 2011 (2,5 años) en g/m^2 y en Kg/ha/año . Estos valores son elevados con respecto a la deposición de cloruro atmosférico debido a la cercanía al mar que aporta entre 0.1 y 10 $\text{g/m}^2/\text{año}$ (Öberg, 1998); son, sin embargo, moderados para un sustrato sujeto a riego con agua de baja salinidad, que puede llegar a alcanzar hasta 100 $\text{g/m}^2/\text{año}$ (Xu et al., 2000; White y Broadley, 2001). Los sustratos arenosos (2 y 4) permiten un buen drenaje de cloruro, por lo que la acumulación es la más baja, lo que no sucede cuando el sustrato está enmendado con hidrogel.

Tabla 6.8 Acumulación de cloruro en las parcelas del green experimental

Parcela	Acumulación de Cloruro durante la investigación (g/m^2)	Acumulación de Cloruro ($\text{g/m}^2/\text{año}$)
1	89,2	35,7
2	55,9	22,4
3	101,0	40,4
4	60,8	24,3

En comparación con la acumulación de cloruro en un sustrato arcilloo-limoso que recibe una entrada de cloruro similar a las parcelas del green experimental (Tuñón, 2000), los sustratos arenosos también muestran menor acumulación, pero los sustratos enmendados con hidrogel la superan (figura 6.15).

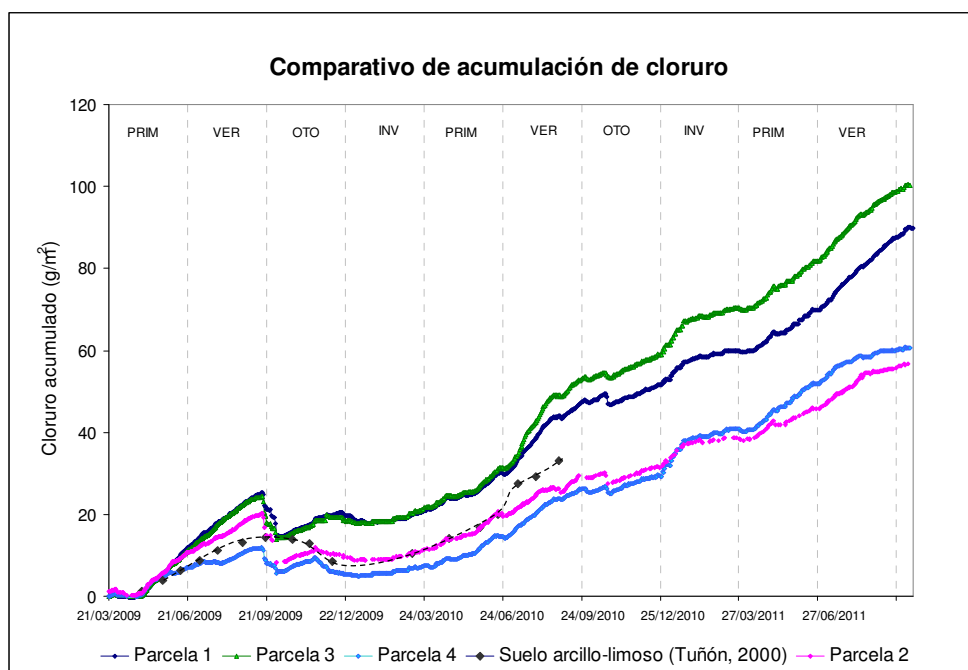


Figura 6.15 Comparación entre la acumulación de cloruro en los sustratos del green experimental y un suelo arcillo-limoso que recibe similar entrada de este ión.

Un análisis de cloruros en los perfiles del green experimental llevado a cabo en julio de 2013 (dos años después), señala que la acumulación continúa, alcanzando los valores de la tabla 6.9. En estas últimas pruebas, el cloruro se extrajo de muestras de distintas profundidades mediante lavados con agua desionizada, revelando cómo se distribuye el ión en los sustratos (figura 6.16).

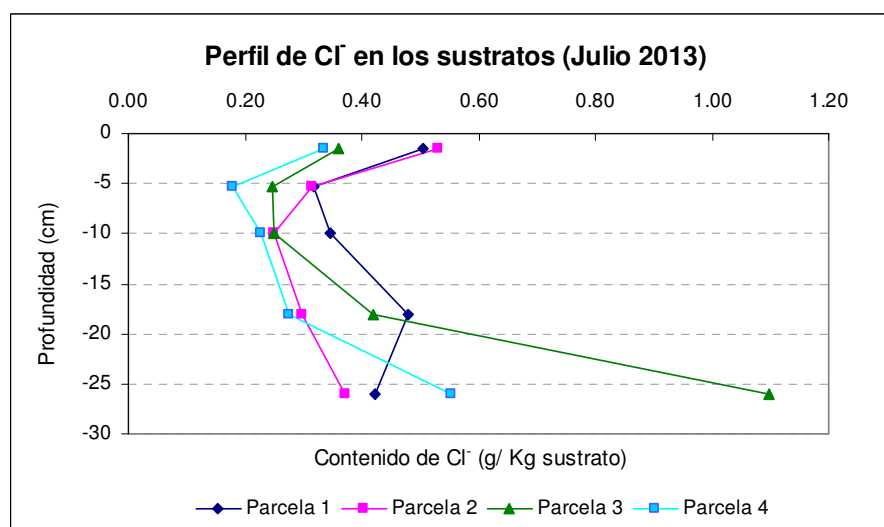


Figura 6.16 Perfil de cloruros en las parcelas del green experimental (julio 2013)

Tabla 6.9 Acumulación de cloruro en todas las parcelas (julio 2013)

<i>Parcela</i>	<i>Acumulación de Cloruro (g/m²)</i>
1	171,8
2	146,0
3	244,6
4	131,8

En general puede observarse que la zona superficial entre 0 y 3,5 cm presenta, en cada perfil, un importante contenido de cloruro ya que es la zona del suelo sujeta a la mayor evaporación (Fritton et al., 1967; Nakayama et al., 1973). En las parcelas con materia orgánica representa la zona de mayor contenido de cloruro mientras que en las parcelas arenosas (3 y 4), el mayor contenido se encuentra en la zona profunda.

En particular:

- La parcela 4 presenta un reducido contenido total de cloruro. En la zona superficial (0-3,5 cm) la cantidad de cloruro es la menor de todas las parcelas, disminuyendo notablemente en los siguientes centímetros (3,5-7 cm) para luego incrementarse paulatinamente a medida que se profundiza en el perfil; la mayor cantidad de cloruro se encuentra en la zona profunda, alejado de las raíces.
- La parcela 3 presenta el mayor contenido total de cloruro. Esta parcela tiene un perfil muy similar a la parcela 100% arenosa, salvo que en la zona profunda el contenido de cloruro se incrementa notoriamente, siendo el mayor de todas las parcelas. En este perfil, el cloruro también se encuentra en la zona profunda, alejado de las raíces.
- La parcela 2 presenta un reducido contenido total de cloruro. En la zona superficial (0-3,5 cm) la cantidad de cloruro es la mayor de todas las parcelas, reduciéndose notablemente en los siguientes centímetros (3,5-7 cm); en adelante, el contenido de cloruro no sufre mayor variación.
- La parcela 1 presenta un alto contenido total de cloruro. En ella, los mayores contenidos se encuentran entre 0 y 3,5 cm y alrededor de 18 cm. Aunque no es la parcela que acumula más cloruro, sí es la que presenta mayores concentraciones en las zonas más cercanas a la zona radicular.

Este análisis, que sólo corresponde a un momento del proceso, arroja luz sobre los efectos de las enmiendas en la distribución del cloruro:

- La materia orgánica (con y sin hidrogel) retiene cloruro en la zona superficial, mientras que la arena (con y sin hidrogel) permite su paso para su acumulación en la zona profunda.
- La capacidad de retención de agua del hidrogel, beneficiosa para el ahorro de agua, retiene también cloruro y en general, sales. En el sustrato 100% arenoso (parcela 3) el mayor contenido de cloruro se encuentra en la zona profunda, alejado de la zona radicular, mas en la parcela doblemente enmendada (parcela 1) el mayor contenido se encuentra en la zona superficial y entre 15 y 20 cm de profundidad, más cerca de las raíces. Aunque, como se verá en los siguientes epígrafes, la conductividad eléctrica se mantiene por debajo de la tolerancia de la hierba, la mayor acumulación de sales en las parcelas enmendadas con hidrogel puede resultar perjudicial en un periodo de tiempo más corto que en las parcelas que no lo contienen. Ante un cambio en la calidad del agua de riego, por ejemplo el riego con agua residual regenerada, con elevado contenido de sales, podría presentarse afección en un periodo corto de tiempo.

6.4. Los lavados

La inexorable acumulación de cloruro en los sustratos puesta de manifiesto en los párrafos anteriores, requiere una gestión de la salinidad orientada a evitar que se alcancen niveles que afecten el césped. Lavar las sales de la zona radicular del suelo es un requerimiento obligado debido a que todos los aportes de agua y la subsecuente evaporación y transpiración tienen como consecuencia la concentración de sales. Las raíces de las plantas excluyen la mayor parte de las sales de la solución de suelo así que su acumulación cerca de las raíces es inevitable, por lo que se hace necesario un proceso que las desplace lejos de la zona radicular (Raine et al., 2007).

El lavado es el componente más importante de un programa de control de la salinidad aunque no se puede negar que está, en cierta medida, enfrentado a las prácticas comunes de ahorro de agua (Carrow et al., 2000). Se recomienda hacerlos en invierno porque la evapotranspiración desciende y resultan efectivos para disminuir la salinidad del suelo (Miyamoto, 2013).

Aunque son impredecibles, los lavados que efectúan las lluvias intensas suelen disminuir notoriamente el contenido de sales en el suelo (Libutti y Monteleone, 2012; Monteleone y Libutti, 2012), pero cuando no se dan las condiciones climáticas necesarias, el lavado se consigue – teóricamente - aplicando un exceso de riego que arrastra las sales acumuladas, alejándolas de la zona radicular, en el caso del green experimental, hacia el drenaje. La eficiencia del lavado depende de su frecuencia e intensidad, la conductividad eléctrica del agua de lavado y las propiedades hidráulicas del sustrato. La frecuencia y la intensidad de los lavados son ajustados

para remover la mayor cantidad de sales de la zona radicular o se practican sólo cuando el contenido de sales supera un nivel determinado, en general, cercano a la tolerancia del cultivo (Gonçalves et al., 2006; Pereira et al., 2009; Ramos et al., 2011; Libutti y Monteleone, 2012).

En su estudio, Libutti y Monteleone (2012) presentan tres maneras de expresar los resultados del lavado. El concepto que expresa mejor el funcionamiento de la acumulación de sales frente al lavado, corresponde a la gráfica del porcentaje de sales removidas (*SR*) vs. fracción de lavado. El porcentaje de sales removidas (*SR*) está referido a la cantidad de sales que salen por el drenaje en relación al total de sales contenidas en el suelo. Como fracción de lavado se entiende el volumen de agua que sale por el drenaje como consecuencia de una entrada. Al contener el sustrato agua de entradas anteriores, no se puede decir que el agua que sale del perfil es una fracción de las entradas, por lo que se considera que el término drenaje relativo (*DR*) es más apropiado y representa la relación entre la entrada y el agua que es desplazada hacia el drenaje, abandonando el perfil.

Las figuras 6.18 a 6.20 presentan el porcentaje de cloruro removido del sustrato desde el 21 de marzo de 2009 al 21 de septiembre de 2011 en la parcela 2. Aunque no se presentan los datos, la parcela 4 exhibe el mismo comportamiento y en similar magnitud. Por el distinto comportamiento con respecto a la acumulación de cloruro que aporta la enmienda con hidrogel, se presentan también los datos de la parcela 1 (cuyo comportamiento es similar a la parcela 3).

La cantidad de cloruro contenido en la parcela se ha calculado asumiendo que en el momento de su construcción el sustrato no contenía cloruro, por lo que la acumulación de este ión sólo proviene de las entradas por lluvia y riego. Se aprecia lo siguiente:

- Las lluvias de cierta intensidad son las más eficientes en el lavado, es decir, las que provocan mayor arrastre de cloruro hacia el drenaje en todos los años; algunas de ellas se destacan en las figuras 6.18, 6.20 y 6.21 correspondientes a cada año de investigación. La disminución en el porcentaje de cloruro lixiviado de año a año se justifica porque a medida que pasa el tiempo, la acumulación en el sustrato es mayor y el divisor es mayor. Como ejemplo, el efecto del lavado de una lluvia de 32 mm (en 2 días) arrastra cerca del 80% del cloruro contenido en el perfil en una fecha próxima al inicio de este cálculo, mientras que la gota fría de 254 mm (en dos días) de finales de septiembre de 2009, 6 meses después, lava el 46% de las sales contenidas en el perfil; finalmente, en 2011 una lluvia de 35,8 mm sólo arrastra hacia el drenaje el 3% de las sales contenidas en la parcela. .

Un análisis de la masa de cloruro arrastrada por las lluvias muestra, sin embargo, que a medida que pasan los años, las lluvias pierden eficiencia en el lavado de cloruro (figura

6.17). Esta pérdida de la eficiencia está posiblemente relacionada con las propiedades hidráulicas del sustrato. Cuando el sustrato se encuentra recién establecido conserva un porcentaje de macroporos que facilita la circulación de agua y sales hacia el drenaje. En los siguientes años, un sistema radicular más maduro y un sustrato más compactado por las actividades agrícolas disminuyen su conductividad hidráulica (figura 2.35) y la facilidad con que las sales pueden ser arrastradas hacia el drenaje.

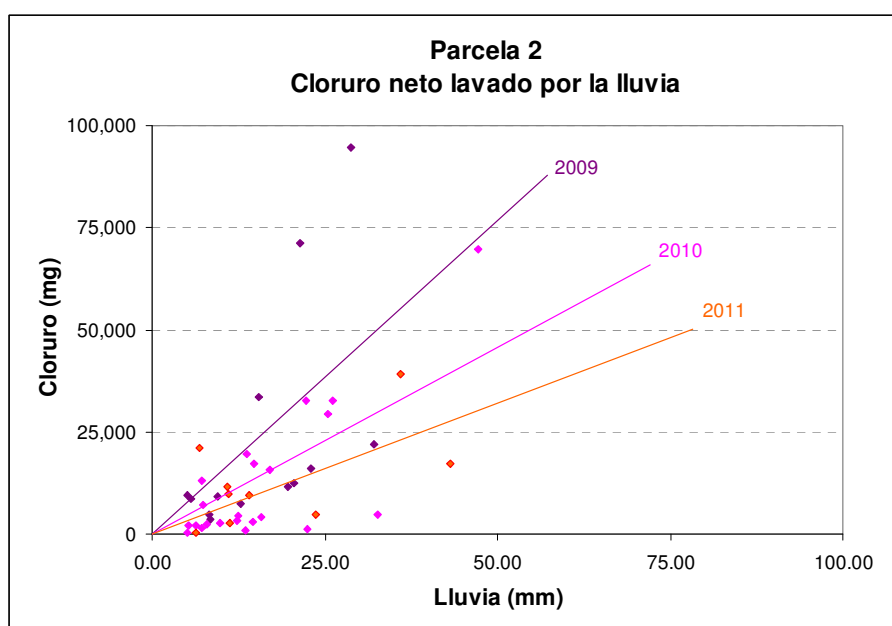


Figura 6.17 Masa neta de cloruro lavada por las lluvias según su intensidad y año de observación

- Los riegos que representan la mayor fuente de aportación de cloruros al sustrato, son, sin embargo, poco eficientes en su lavado, ya que no supera el 6% de las sales contenidas en el suelo. Sólo los riegos de alta intensidad consiguen un mejor lavado (se resaltan en las figuras 6.19 a 6.21) pero en ningún momento resultan tan efectivos como las lluvias.

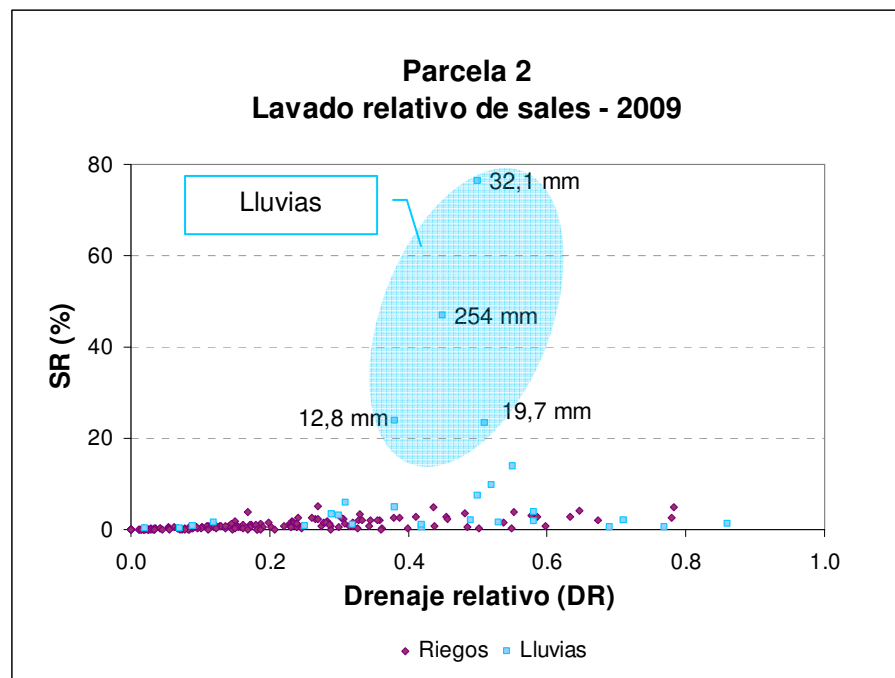


Figura 6.18 Lavado relativo de sales de todas las entradas - año 2009

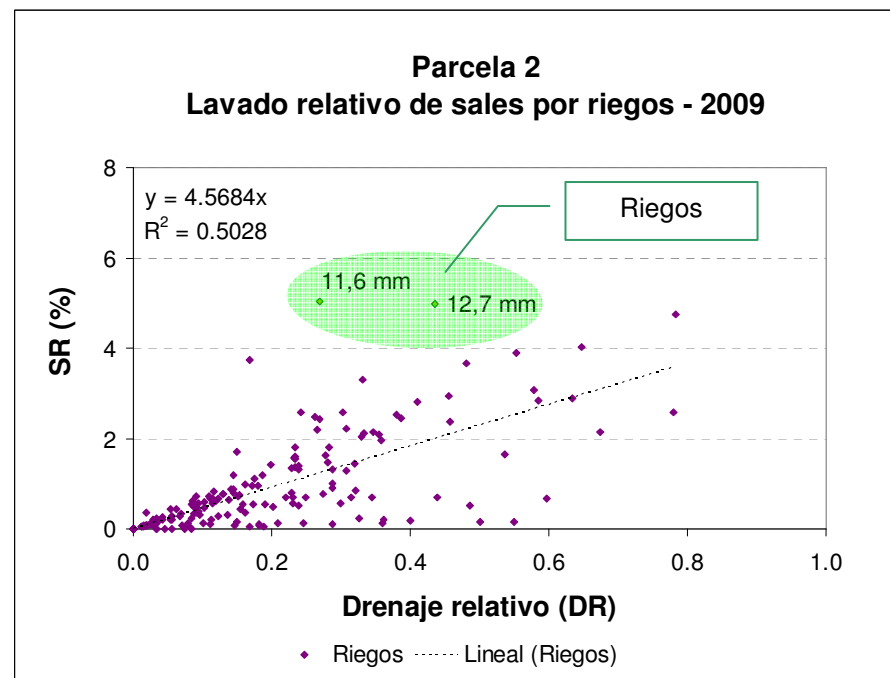


Figura 6.19 Lavado relativo de sales debido al riego – año 2009

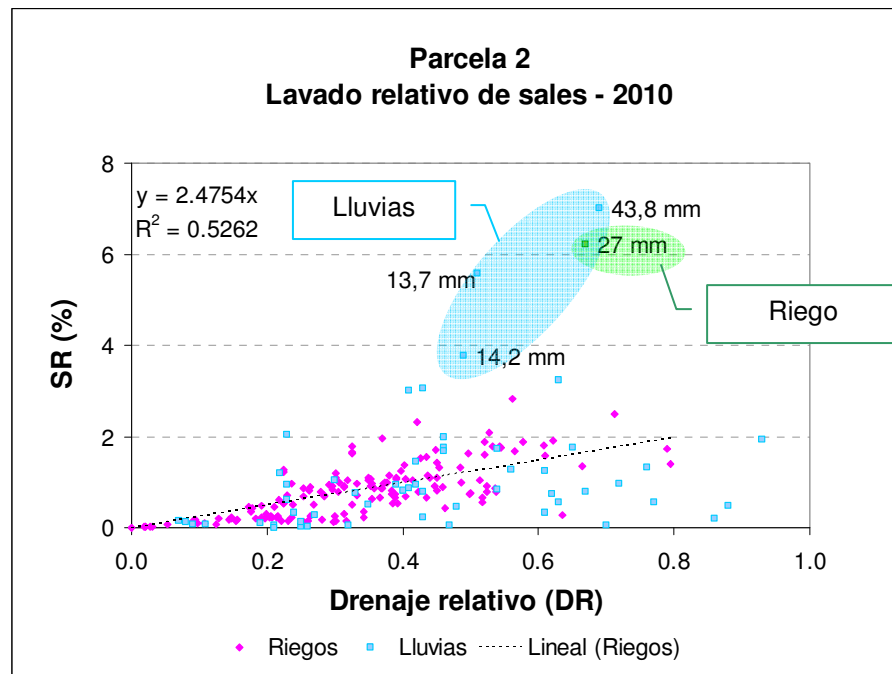


Figura 6.20 Lavado relativo de sales de todas las entradas - año 2010

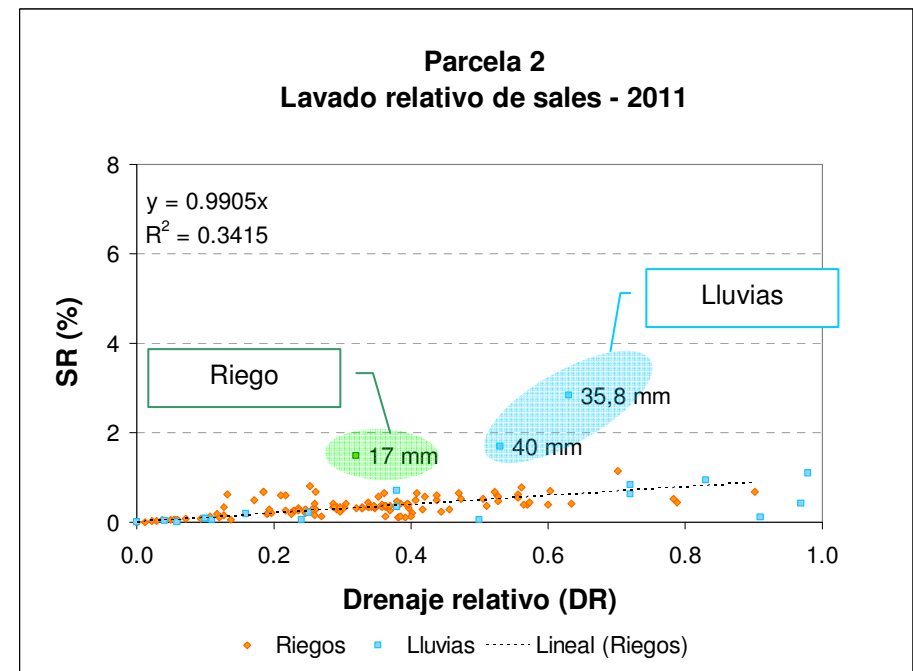


Figura 6.21 Lavado relativo de sales de todas las entradas - año 2011

El año 2009 riegos y lluvias presentan la mejor eficiencia de lavado debido a que la acumulación de cloruro era aún reducida y a la reciente construcción de las parcelas (presencia de macroporos, elevada tasa de infiltración) y establecimiento del césped (sistema radicular joven). Los años siguientes, los riegos y lluvias arrastran hacia el drenaje un porcentaje menor de los cloruros contenidos en la parcela. La figura 6.22 expone la disminución de la eficiencia de lavado ejercido por los riegos a medida que avanza la investigación y la cantidad de cloruro acumulado en la parcela se incrementa.

En la figura 6.24, que representa cuánto cloruro se acumula en el perfil de la parcela 2 (g/m^2) en relación al drenaje relativo (DR), se encuentra la relación inversa entre el cloruro acumulado y el drenaje relativo, que confirma que incrementar el drenaje facilita el lavado de sales. Puede observarse, sin embargo, que la mayor parte de los riegos finalmente acumula cloruro en el perfil pese a tener moderado drenaje, mientras que sólo en contadas ocasiones producen un lavado efectivo (acumulación negativa en la gráfica). En 2009, la acumulación resulta menor que en los siguientes años, consecuencia de unas propiedades hidráulicas más favorables a la percolación del agua y solutos. En la medida en que los greens tienen más años, sus propiedades hidráulicas se deterioran (Habeck y Christians, 2000; Gaussoin et al., 2006; Gaussoin, 2012) y los lavados pierden efectividad. Algunas prácticas agrícolas como el pinchado mejoran temporalmente las propiedades hidráulicas de los sustratos, por lo que podrían ser aprovechadas para realizar lavados más efectivos.

En un análisis similar, la parcela 1 presenta una menor efectividad de los lavados por lluvias y riego (anexo F), que se justifica porque contiene un aditivo de retención de agua que disminuye el drenaje y por tanto las sales lixiviadas. La figura 6.23 presenta cómo disminuye el lavado de cloruro por efecto de los riegos durante la investigación; en ella puede notarse cómo la fracción de lavado ha disminuido en comparación con la parcela 2. Llama la atención que al representar el cloruro acumulado en relación al drenaje relativo (figura 6.25) no se produzca una relación lineal; la gran mayoría de los riegos genera una acumulación entre 0,1 y 0,3 g/m^2 independiente del drenaje y el lavado (entendido en la gráfica como acumulación negativa) prácticamente no se da.

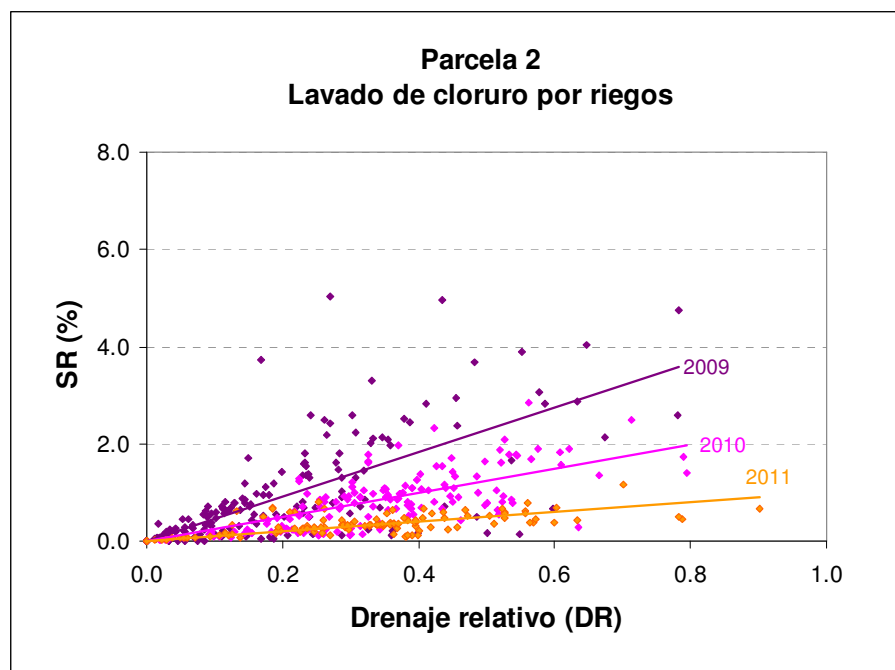


Figura 6.22 Lavado de sales por riegos – Parcela 2

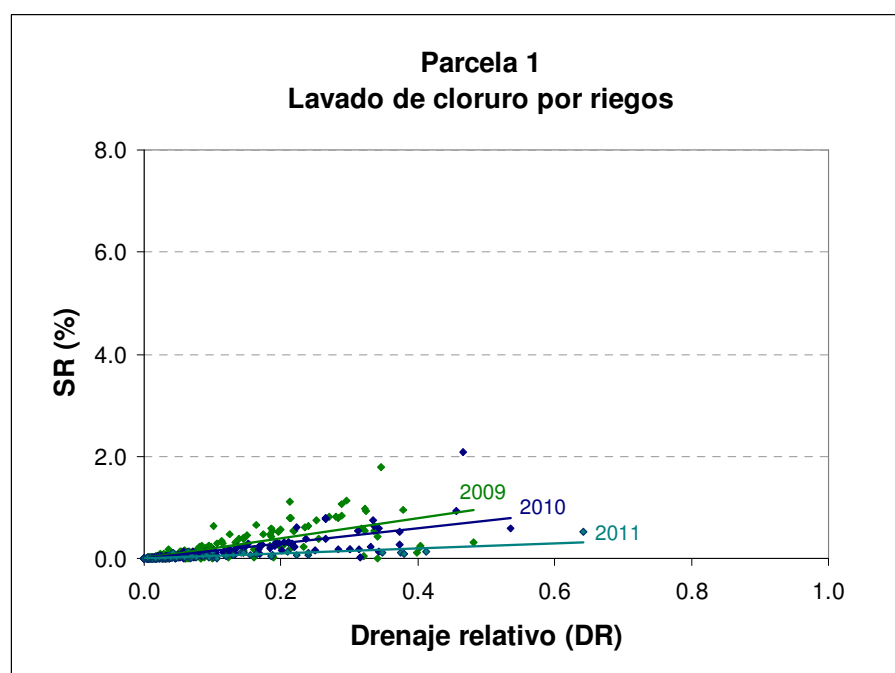


Figura 6.23 Lavado de sales por riegos Parcela 1 (enmendada con hidrogel)

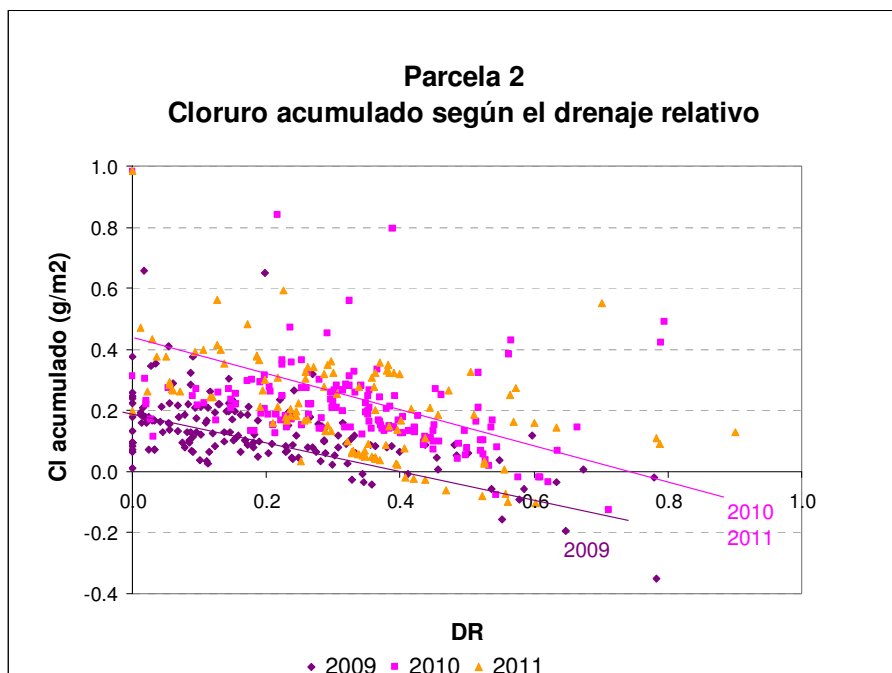


Figura 6.24 Acumulación de cloruro según el drenaje relativo – Parcela 2

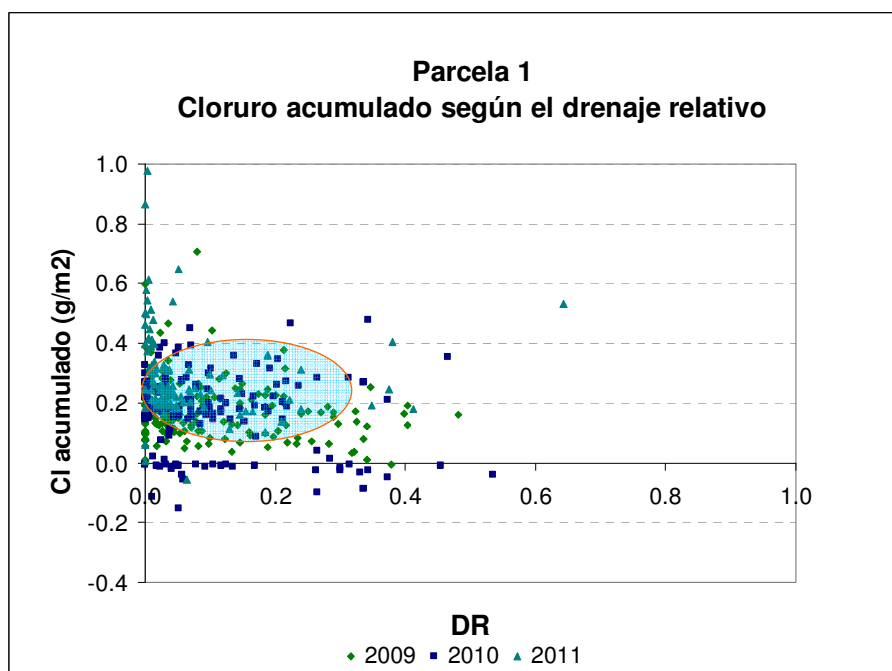


Figura 6.25 Acumulación de cloruro según el drenaje relativo – Parcela 1

Los investigadores Libutti y Monteleone, en sus dos artículos del año 2012, mencionan que en el área Mediterránea, las lluvias de otoño-invierno juegan un papel crucial en la eliminación de sales, por lo que explotar su efecto puede permitir disminuir las aplicaciones de un exceso de agua de riego con intención de lavado, y así evitar una carga extra de sales en el suelo. El presente estudio comparte esta propuesta vista la reducida eficiencia de los lavados por riego; sin embargo, en el green, la necesidad de mantener la calidad de la hierba requiere mucha agua en verano y por

lo tanto mucho aporte de sales. Al intentar encontrar un equilibrio entre la fracción de lavado de los riegos, las entradas y la acumulación de cloruro en el perfil, la fracción de lavado de los riegos resultó irrelevante por su reducida eficiencia.

El proceso de acumulación de cloruro es el principal responsable del incremento de la conductividad eléctrica en el agua del suelo cuya magnitud afecta directamente al cultivo si supera su tolerancia durante un tiempo significativo (Marcum y Pessarakli, 2006; Lockett et al., 2008). La conductividad eléctrica (CE), controlada durante toda la investigación en el agua de drenaje, y, desde el año 2010, en el interior del suelo, puede dar una idea del movimiento del cloruro en el sustrato y apoyar la modelización de su transporte.

6.5. La conductividad eléctrica en los sustratos

La conductividad eléctrica del agua en los sustratos se midió de dos maneras: en el agua de drenaje mediante un conductímetro (CRISON BASIC 30) y directamente en el perfil mediante sensores de conductividad (5TE – DECAGON).

El agua de drenaje corresponde al agua que estuvo contenida en la zona profunda del perfil, es decir a 30 cm de profundidad; los valores de su conductividad eléctrica (CE_{30}), medida entre el 01/01/2009 y el 25/09/2011, se encuentran reflejados en el anexo E.

Las parcelas 1, 2 y 3 fueron equipadas con sensores de conductividad 5TE de DECAGON a 18 cm de profundidad que permitieron la medida de la conductividad eléctrica del agua en el suelo a condiciones de campo (CE_{18}) entre el 15 de mayo de 2010 y el 25 de septiembre de 2011. La parcela 4 no fue equipada con este sensor; sin embargo, la parcela 5, de la misma composición y con similar régimen de riego que la parcela 4, sí lo fue, con lo que sus datos servirán para esbozar la variación de la conductividad en la parcela arenosa, mas no su valor.

Los sensores hicieron posible la medición de la conductividad del agua del suelo cada dos minutos proporcionando una gran cantidad de datos, que permiten ver en detalle las variaciones de la conductividad en las parcelas. A modo de ejemplo, la figura 6.26 expone cómo varía CE_{18} en la parcela 3 entre el 30 de junio y el 1 de julio de 2010 a las 20h. Puede apreciarse cómo los riegos inicialmente disminuyen la conductividad del agua del suelo, que, a lo largo del día y debido a la evapotranspiración, se incrementa paulatinamente alcanzando, después de 24 horas, una conductividad mayor que al inicio del periodo.

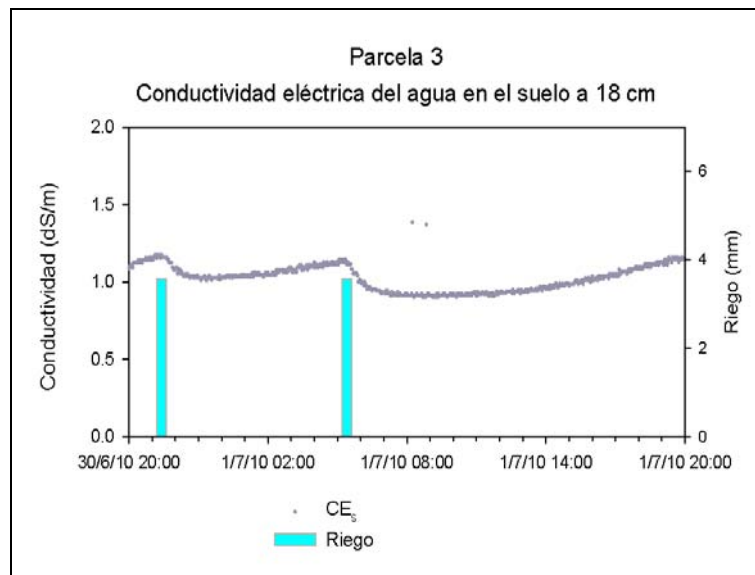


Figura 6.26 Parcela 3 - Conductividad eléctrica del agua del suelo

Debido a la imposibilidad de utilizar la gran cantidad de datos de los sensores y considerando que se cuenta con un dato diario de la conductividad del agua de drenaje, se creyó conveniente utilizar sólo un valor diario de conductividad del agua del suelo, que corresponde a la conductividad del agua cuando la humedad del suelo es la más elevada. Este valor se encuentra más cercano a la conductividad eléctrica del suelo cuando se encuentra a capacidad de campo CE_e , que sirve para establecer los rangos de afección de la salinidad en los suelos, y se alcanza, por lo general, cuando una entrada genera drenaje (valores en el anexo E). El resultado de utilizar un dato diario de conductividad eléctrica cuando el suelo se encuentra más húmedo, simplifica notoriamente el seguimiento de la evolución de la conductividad en el perfil.

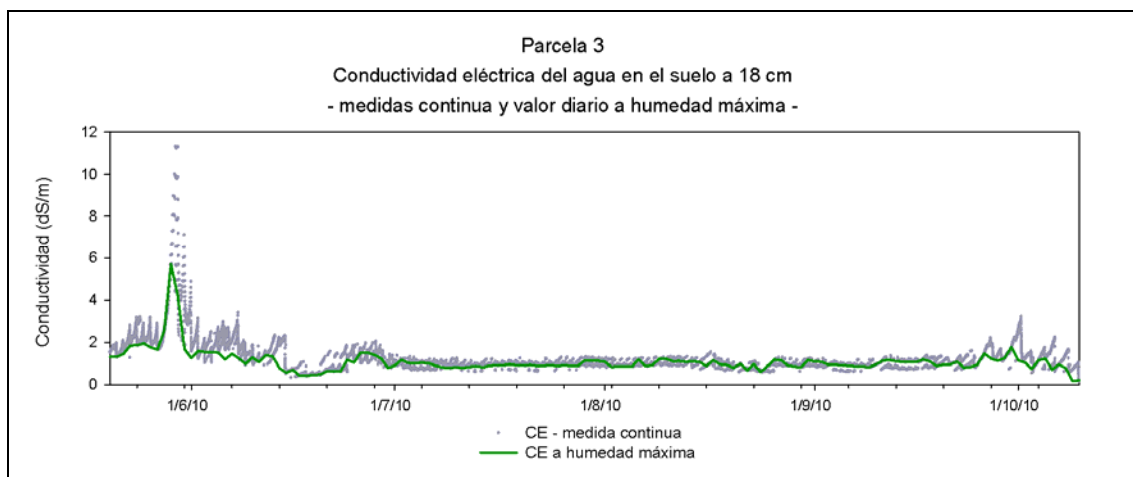


Figura 6.27 Parcela 3 – CE a 18 cm y valor diario a humedad máxima

La figura 6.27 presenta las medidas de CE_{18} cada 2 minutos y el valor diario obtenido a humedad máxima de mayo a octubre de 2010 en la parcela 3. Puede verse que, aunque la tendencia de la

conductividad se mantiene, la curva se suaviza, permitiendo manejar mejor los datos y relacionarlos con la conductividad del agua de drenaje. La obtención de los datos de conductividad eléctrica a 18 cm estuvo sujeta al buen funcionamiento de los sensores de humedad, afectados por algunas prácticas culturales, problemas en la transmisión de datos y otras circunstancias del trabajo de campo.

6.5.1. La variación de la conductividad del agua de drenaje

Las figuras 6.28 a 6.31 muestran la variación de la conductividad eléctrica del drenaje (CE_{30}) en las parcelas 1 a 4 durante de la investigación. En general se observa que CE_{30} varía en el año de manera más o menos sinusoidal: se incrementa en primavera y verano para descender en otoño e invierno. En primavera y verano, un conjunto de razones pueden explicar esta tendencia como las fertilizaciones y la mayor intensidad de riego, que junto a una elevada evapotranspiración, ocasiona que las sales se concentren en el sustrato y al alcancen la zona profunda del perfil, causando el incremento de la conductividad del drenaje. En otoño-invierno la evapotranspiración se reduce y también lo hace el riego; las lluvias de esta época del año, más frecuentes que en primavera-verano, diluyen las sales en el perfil y ocasionan la disminución de CE_{30} .

La salinidad del suelo y del drenaje también se incrementa en las estaciones cálidas del año y decrece durante los periodos fríos y lluviosos en las investigaciones sobre la salinidad realizadas por otros autores. La intensidad del incremento y de la disminución de la salinidad dependen del tipo de suelo, la conductividad del agua de riego, la intensidad de las precipitaciones, el nivel inicial de la salinidad en el suelo y las condiciones meteorológicas (Gonçalves et al., 2006; Devitt et al., 2007; Lockett et al., 2008; Ramos et al., 2011; Sevostianova et al., 2011; Monteleone y Libutti, 2012; Libutti y Monteleone, 2012).

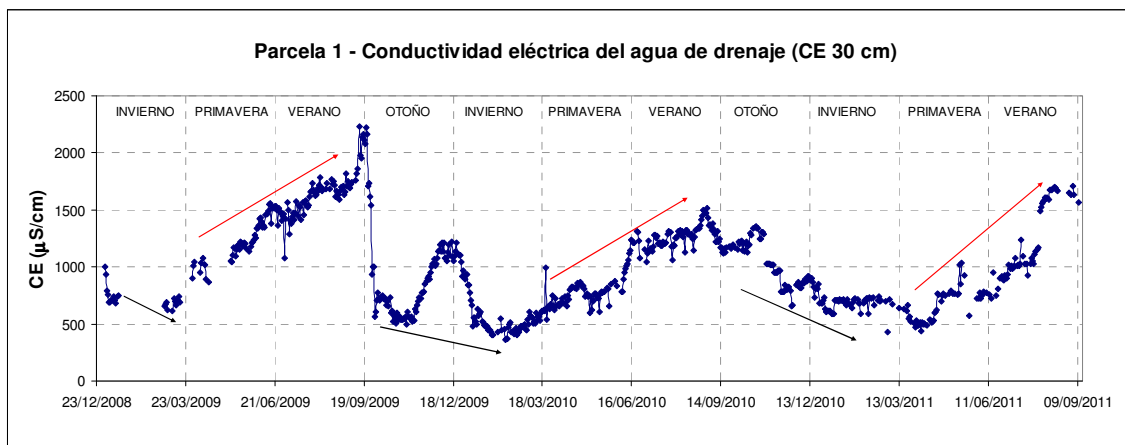


Figura 6.28 Parcela 1 – Variación de la conductividad eléctrica del agua de drenaje

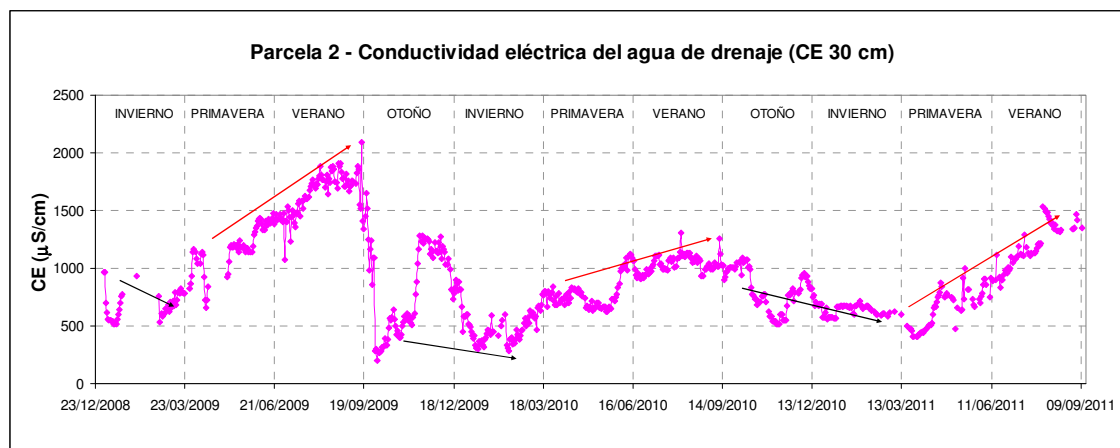


Figura 6.29 Parcela 2 - Variación de la conductividad eléctrica del agua de drenaje

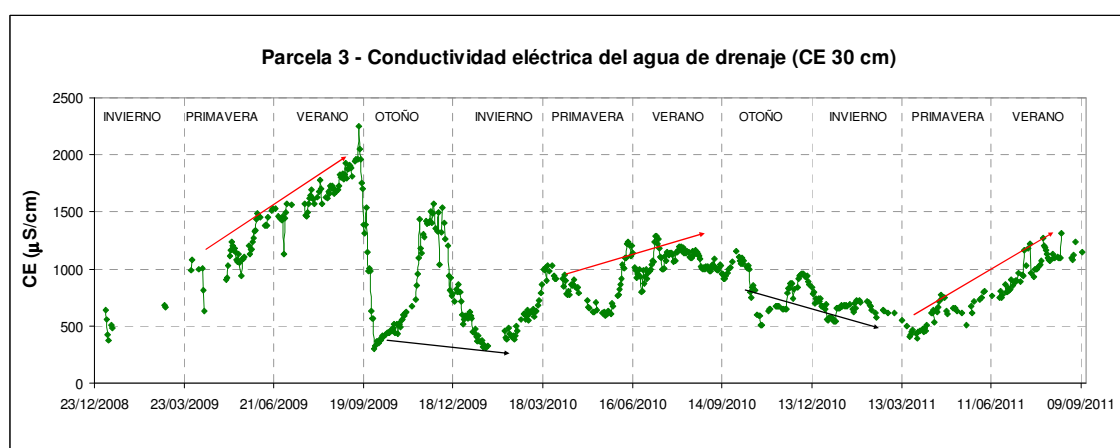


Figura 6.30 Parcela 3 - Variación de la conductividad eléctrica del agua de drenaje

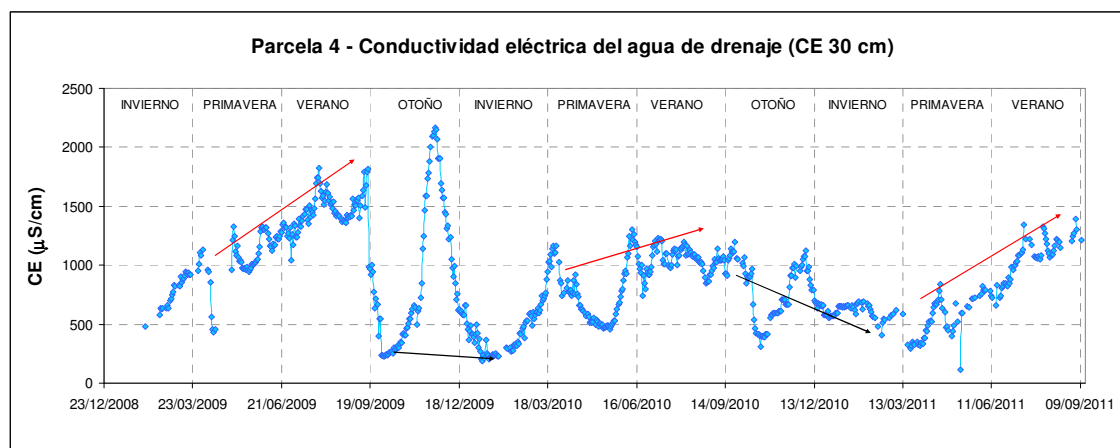


Figura 6.31 Parcela 4 - Variación de la conductividad eléctrica del agua de drenaje

Las fertilizaciones ocasionan un aumento en CE_{30} como se destaca en las figuras 6.32 a 6.35. La magnitud de este aumento no es la misma en todos los casos, pues depende de la fuerza iónica de las sales utilizadas, la cantidad de fertilizante aplicado y la conductividad inicial del agua del suelo.

s especialmente notorio el efecto de la fertilización del 15/10/2009 después del episodio de gota fría de finales de septiembre que causó un profundo lavado de sales en el perfil. La intensidad del efecto de esta fertilización es distinta en todas las parcelas dependiendo del sustrato: mayor en la parcela 4, seguida por las parcelas 3, 2 y 1.

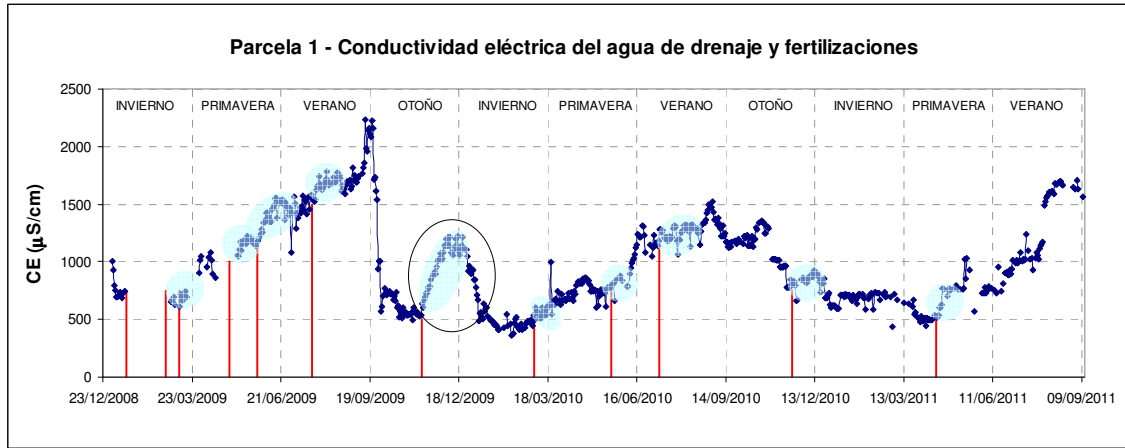


Figura 6.32 Parcela 1 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las fertilizaciones

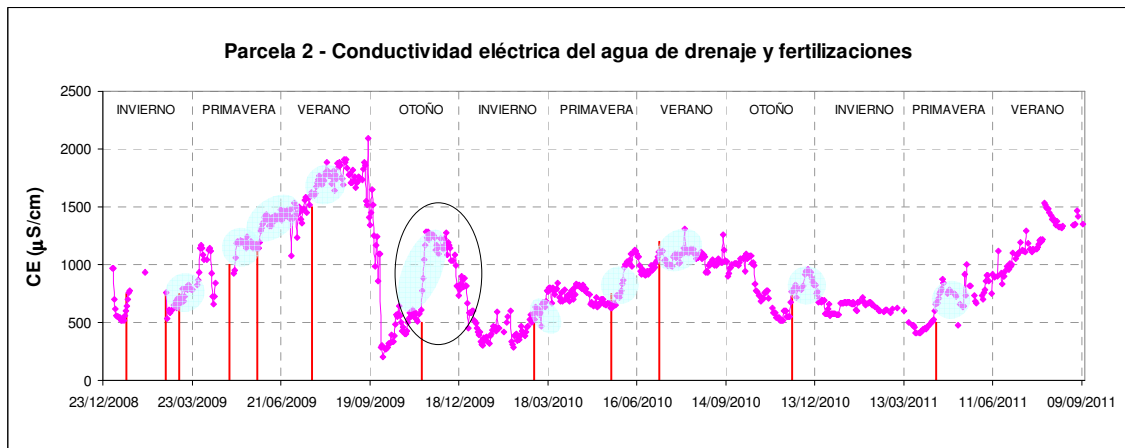


Figura 6.33 Parcela 2 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las fertilizaciones

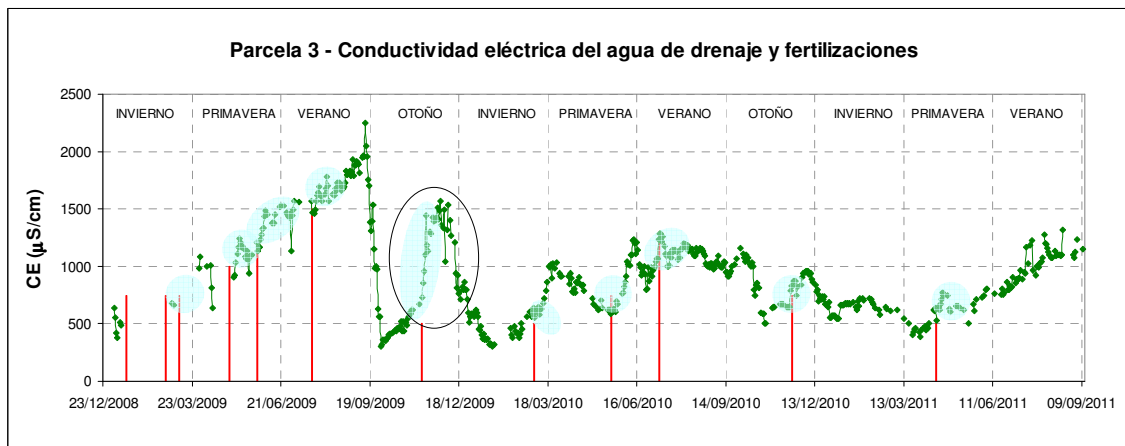


Figura 6.34 Parcela 3 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las fertilizaciones

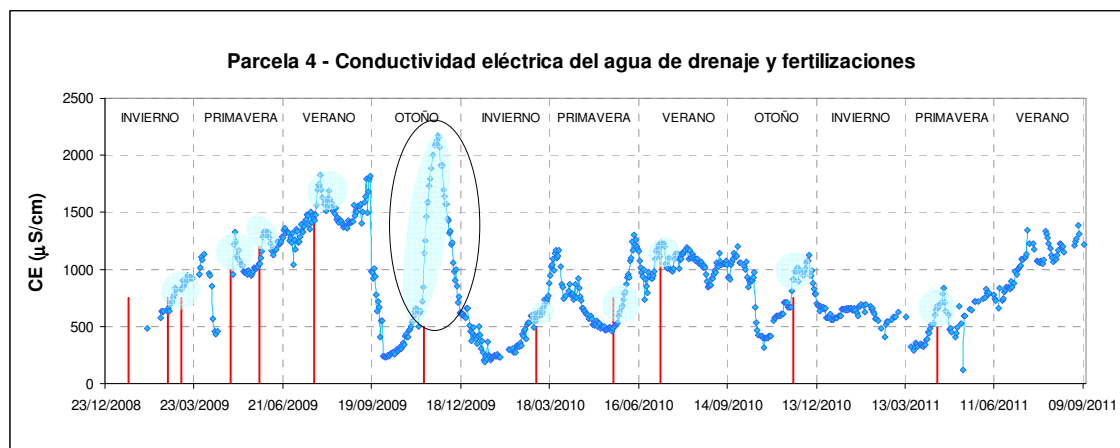


Figura 6.35 Parcela 4 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las fertilizaciones

En las figuras 6.36 a 6.39 se destaca el efecto de las precipitaciones sobre CE_{30} . Las precipitaciones ocasionan en general un descenso de CE_{30} dependiendo de la intensidad de la lluvia y del sustrato: el descenso de la conductividad es mayor en la parcela 4 seguida por las parcelas 3, 2 y 1.

Se destaca el gran descenso en la conductividad del drenaje ocasionado por el evento de gota fría a finales de septiembre de 2009. El desplazamiento de un elevado porcentaje de las sales fuera del medio (discutido en el punto anterior) tiene como consecuencia una acusada reducción de la conductividad en el drenaje. El trabajo de Kanzari et al. (2012a) indica que las lluvias torrenciales, que ocurren de manera cíclica en la zona Mediterránea, son responsables de la lixiviación de cantidades considerables de sales hacia las zonas más profundas del suelo; reducen así la salinización de las capas superficiales pero incrementan el riesgo de salinización del acuífero subyacente, lo que se corrobora en la presente investigación, aunque en ella el drenaje sale del perfil y no se infiltra en el acuífero.

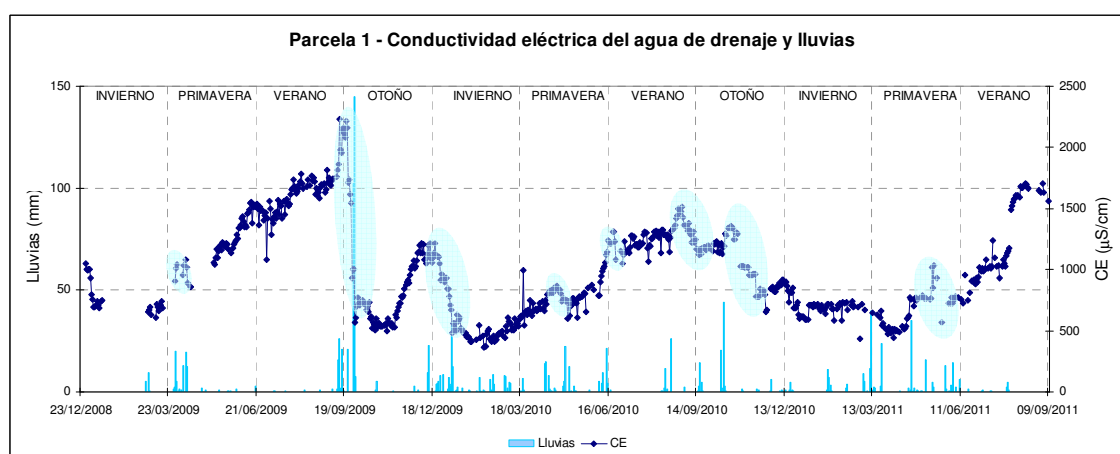


Figura 6.36 Parcela 1 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las precipitaciones

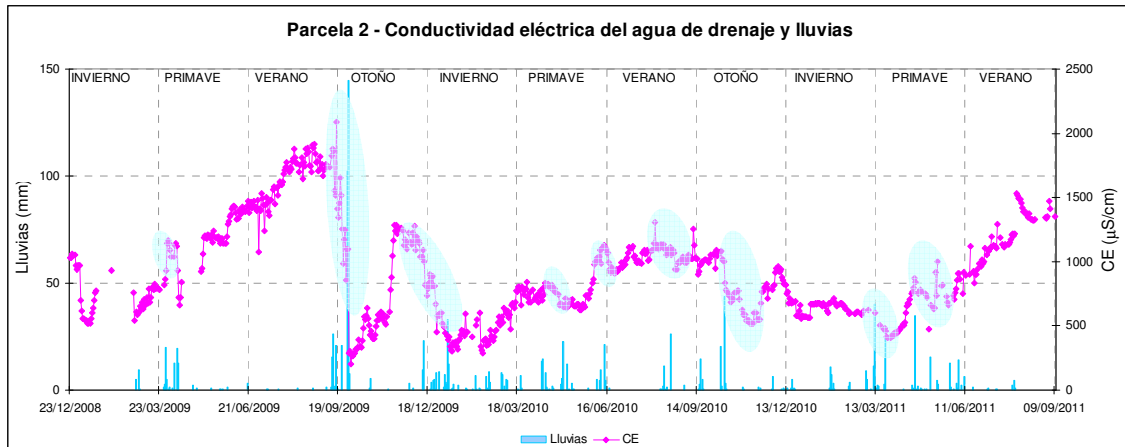


Figura 6.37 Parcela 2 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las precipitaciones

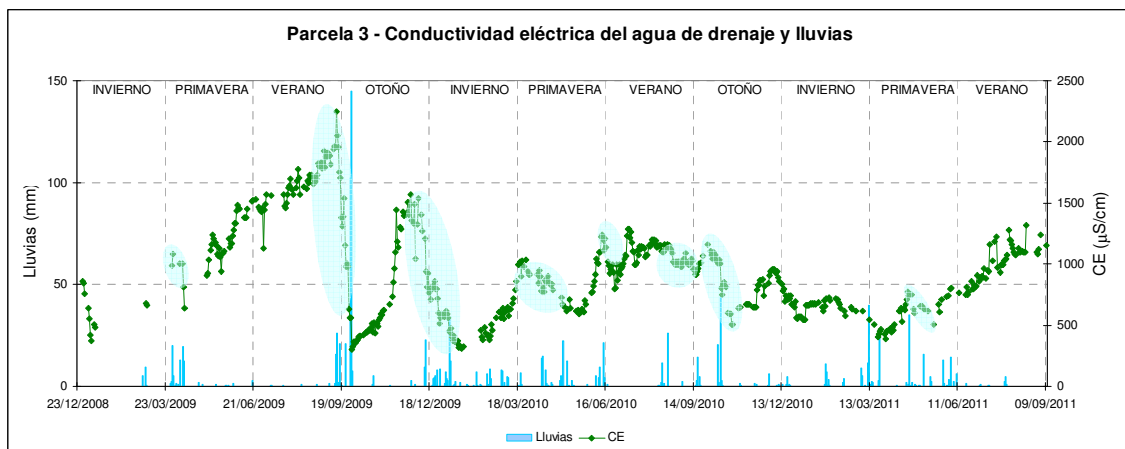


Figura 6.38 Parcela 3 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las precipitaciones

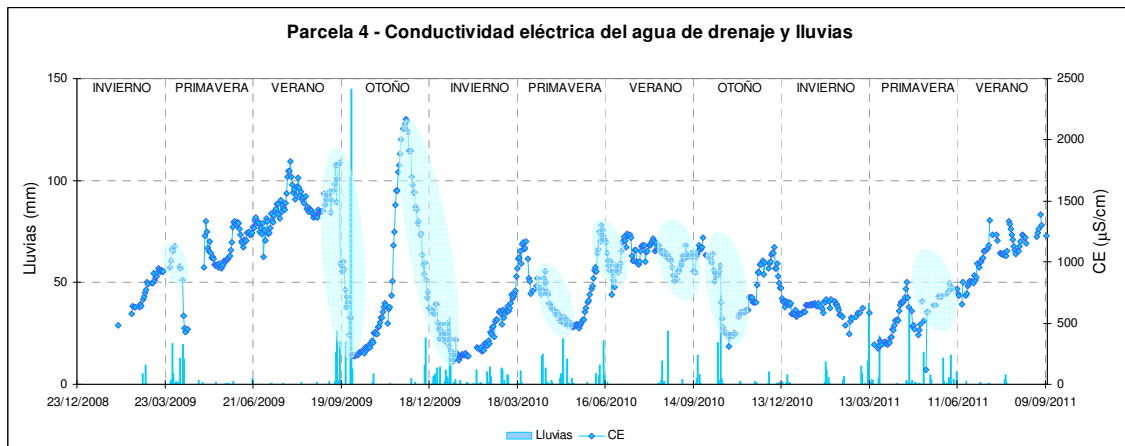


Figura 6.39 Parcela 4 - Conductividad eléctrica del agua de drenaje – Efecto de las precipitaciones

El razonamiento de que CE_{30} puede representar el proceso de salinización en un suelo se sustenta en que, durante este proceso, la concentración de sales se incrementa. Cuando el agua contenida en el suelo alcanza el drenaje, su conductividad eléctrica puede dar un indicio del estado de la salinidad en el suelo. Cuando se produce un lavado, el agua que ingresa empuja las sales contenidas hacia el drenaje por lo que inicialmente CE_{30} se incrementa y cuando el agua de lavado

alcanza el drenaje la conductividad del agua drenada disminuye. Las figuras 6.40 a 6.43 presentan la variación de la conductividad eléctrica del drenaje (CE_{30}) frente a la acumulación de cloruro en todos los sustratos; en ellas, ambas curvas se exhiben en distintas escalas para acentuar gráficamente su relación.

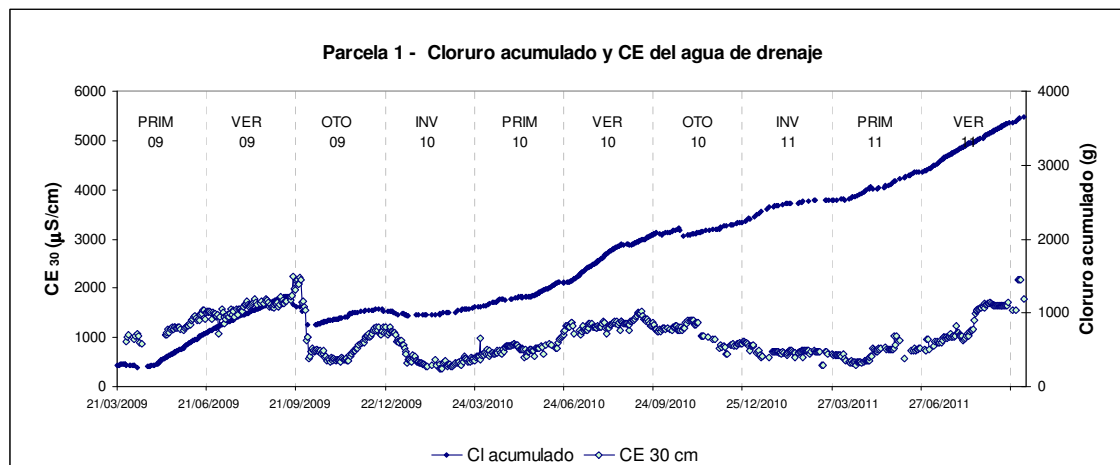


Figura 6.40 Parcela 1 – Acumulación de cloruro y CE del agua de drenaje

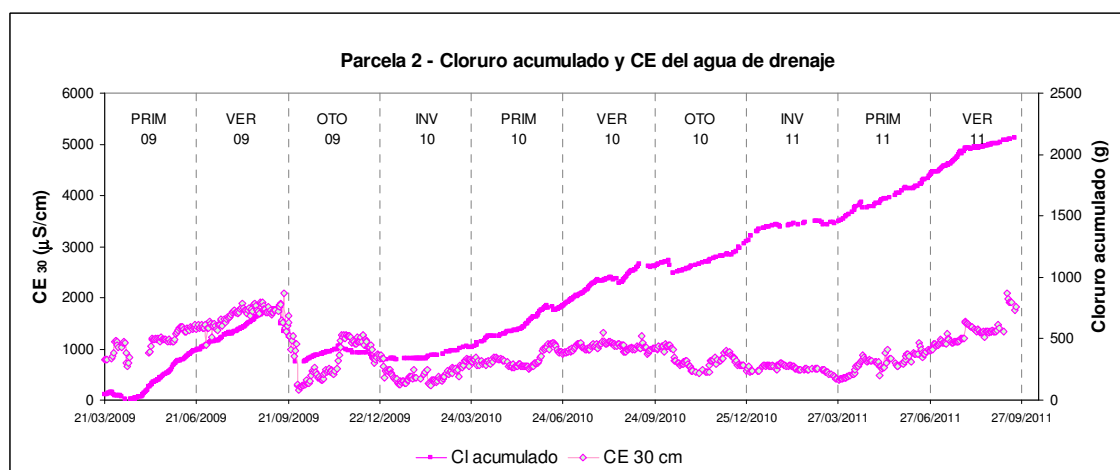


Figura 6.41 Parcela 2 – Acumulación de cloruro y CE del agua de drenaje

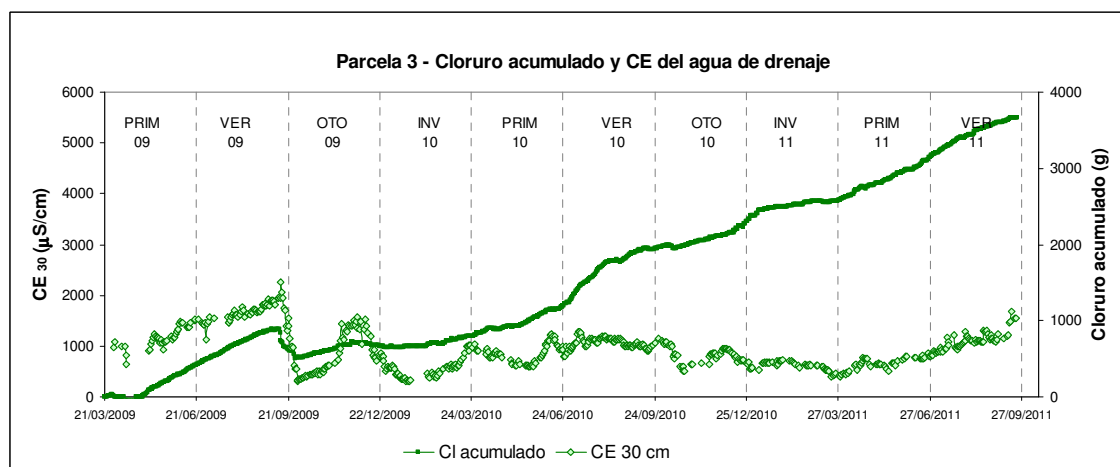


Figura 6.42 Parcela 3 – Acumulación de cloruro y CE del agua de drenaje

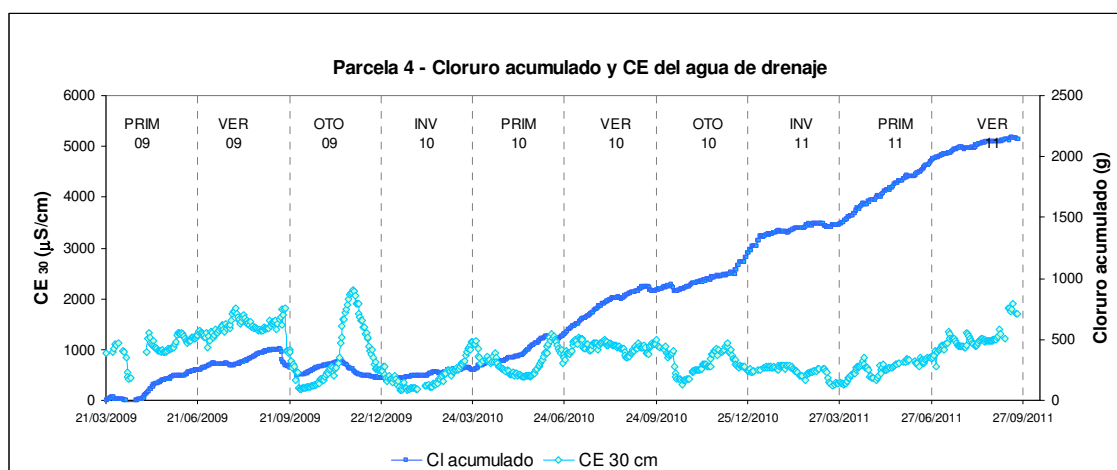


Figura 6.43 Parcela 4 – Acumulación de cloruro y CE del agua de drenaje

Puede verse que CE_{30} se incrementa en casi todos los periodos de acumulación de sales en el sustrato (primavera y verano de 2009, primavera de 2010 y primavera y verano de 2011), también disminuye cuando se presentan procesos de lavado intensos como en otoño de 2009 y un poco más ligeros como a mediados de octubre de 2010 y, con mejor o peor aproximación, se mantiene constante durante los inviernos de 2010 y 2011 en que el que la acumulación de cloruro prácticamente cesa. Excepción a esta representación relativamente buena son los periodos de verano y otoño de 2010, en los que CE_{30} se mantiene constante o disminuye mientras que la acumulación de cloruro se incrementa notoriamente en todas las parcelas, que, sin embargo, corresponde a la época en que mayor cantidad (masa) de cloruro sale de la parcela (figura 6.44); el cloruro sale, sin embargo, diluido en un gran volumen de agua, por lo que CE_{30} es casi constante y no representa el verdadero proceso que ocurre en los sustratos.

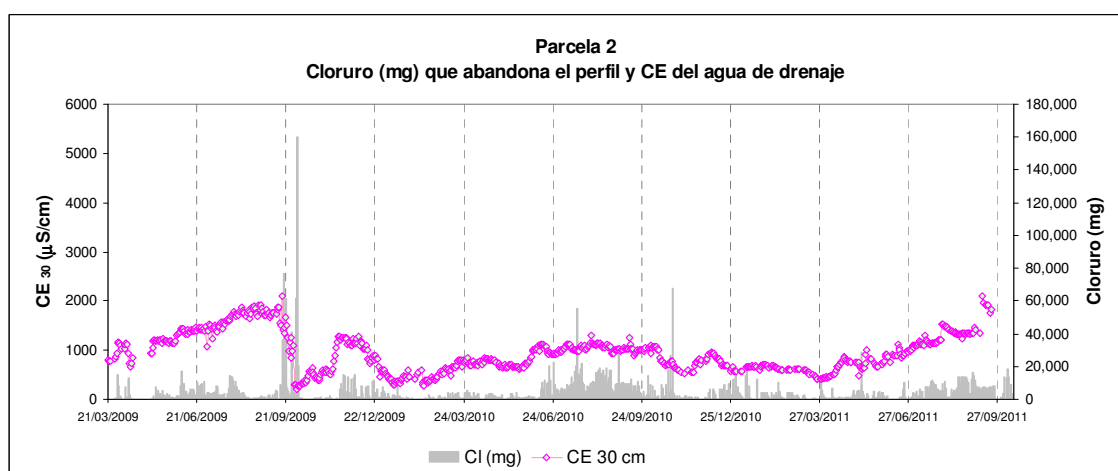


Figura 6.44 Parcela 2 – Conductividad del agua de drenaje y masa de cloruro que abandona el perfil

El proceso de acumulación de cloruro que se da en el interior del sustrato puede estar esbozado por CE_{30} pero no representado, pues la acumulación es un proceso másico y la CE mide la concentración de las sales en el agua del suelo. Es de destacar que la acumulación de cloruro en

los perfiles entre marzo de 2009 y septiembre de 2011 varía entre 2000 y 4000 gramos según la parcela, mientras que la conductividad eléctrica del drenaje no presenta diferencias notables (figura 6.45) por lo que tampoco representa la magnitud de los procesos que se llevan a cabo en el interior de los perfiles.

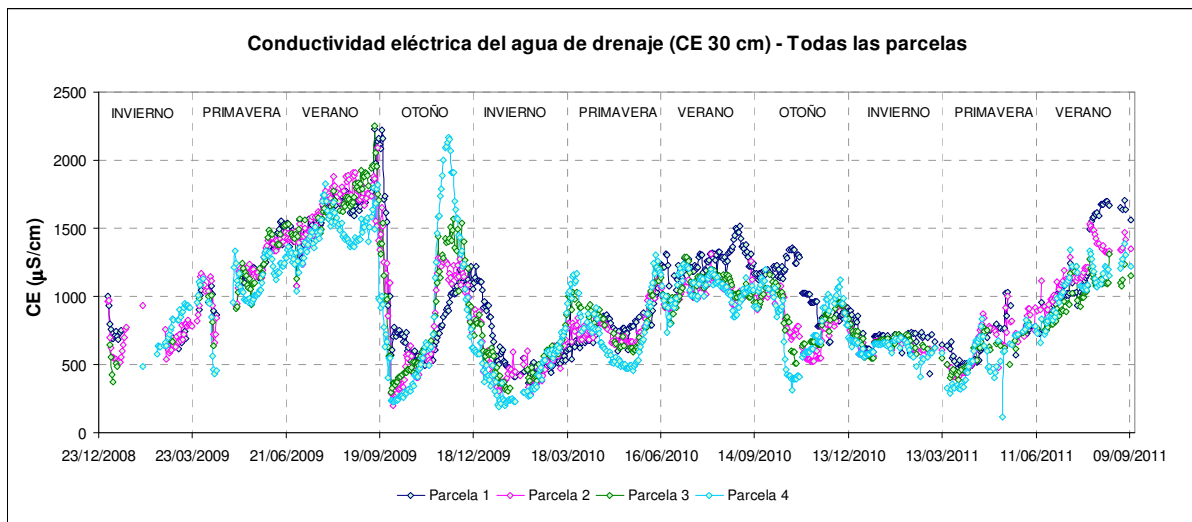


Figura 6.45 Conductividad eléctrica del agua de drenaje en todas las parcelas

6.5.2. La variación de la conductividad en el suelo – CE_{18}

Los datos diarios de conductividad a 18 cm (CE_{18}) se obtuvieron de los sensores instalados en las parcelas del green experimental. Los datos diarios de CE_{18} tomados en el momento de mayor humedad en el sustrato se incluyen en las gráficas de conductividad del drenaje (CE_{30}) para comparar las diferencias entre la conductividad en el seno del suelo y la conductividad en la zona profunda (figuras 6.46 a 6.49). Ambos valores se presentan en igual escala para realizar observaciones generales aunque algunos valores de CE_{18} superan los límites de las gráficas. Los valores de la parcela 5 (similar a la parcela 4) también se presentan con el objetivo de esbozar el comportamiento de la conductividad eléctrica en el sustrato 100% arenoso.

En general los valores de CE_{18} indican una baja afección por sales en los sustratos según la tabla 6.2. Puntualmente se encuentra que la conductividad eléctrica a 18 cm (CE_{18}) supera la tolerancia de la hierba (alrededor de 4600 $\mu\text{S}/\text{cm}$); en estos momentos los suelos llegan a alcanzar conductividades que los sitúan como muy afectados por la salinidad, esto sucede más frecuentemente en las parcelas enmendadas con materia orgánica (1 y 2) que en las parcelas arenosas en las que sólo se cuentan unos pocos eventos. Pese a superar en algunos momentos los valores de tolerancia a la salinidad de la hierba no se notó afección visual alguna, probablemente por no haber excedido la tolerancia por periodos de tiempo significativos (Lockett et al., 2008; Marcum y Pessaraki, 2006).

También se encuentra que CE_{18} presenta mayor oscilación de sus valores que CE_{30} por encontrarse en una zona de paso del agua mientras que a 30 cm el agua se acumula, y posiblemente se mezcla, generando menos variaciones.

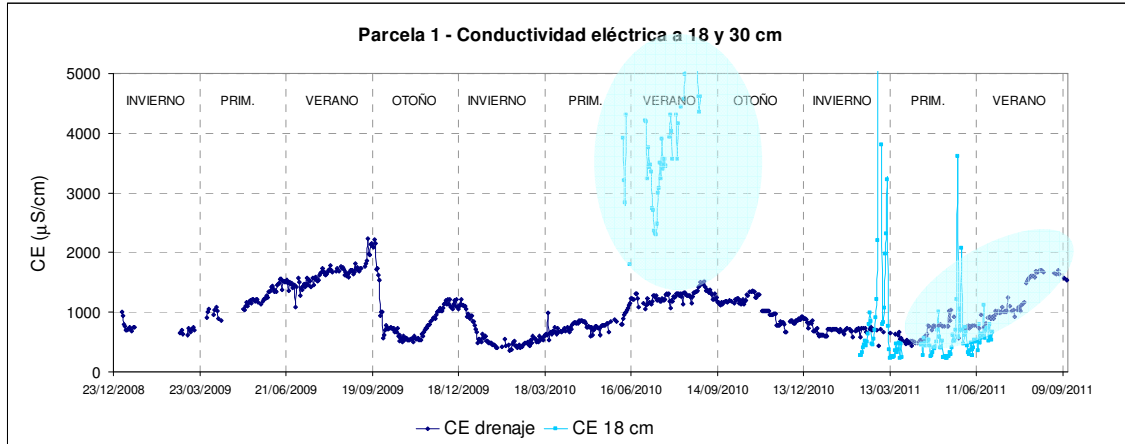


Figura 6.46 Parcela 1 - Conductividad eléctrica del suelo a 18 cm (sensor) y a 30 cm (drenaje)

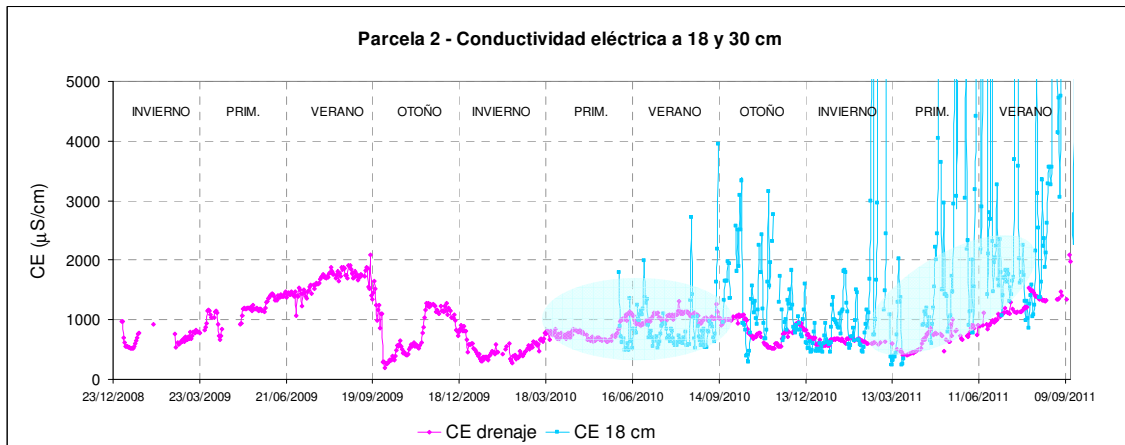


Figura 6.47 Parcela 2 - Conductividad eléctrica del suelo a 18 cm (sensor) y a 30 cm (drenaje)

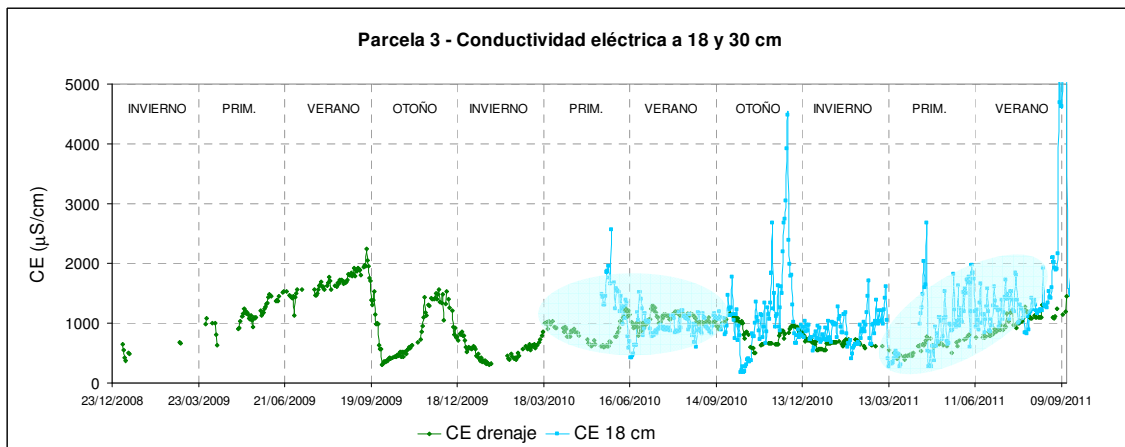


Figura 6.48 Parcela 3 - Conductividad eléctrica del suelo a 18 cm (sensor) y a 30 cm (drenaje)

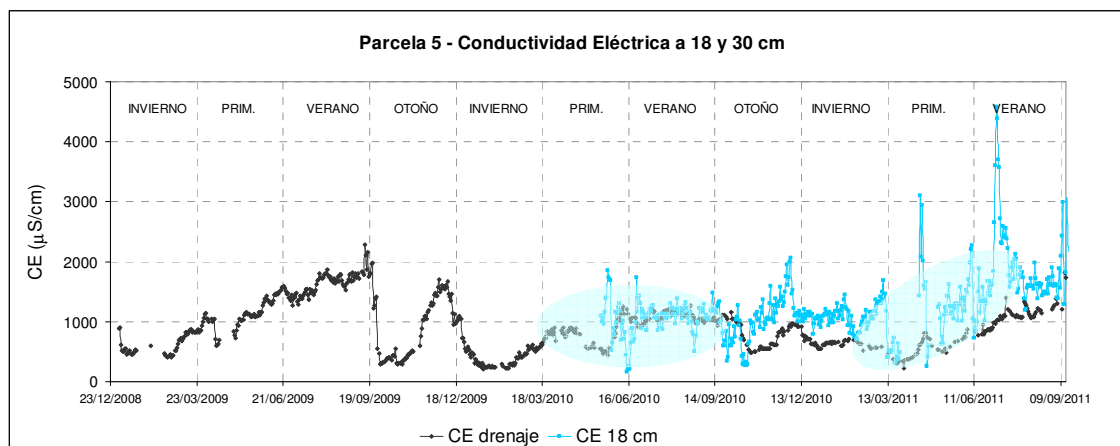


Figura 6.49 Parcela 5 (similar a la 4) - Conductividad eléctrica del suelo a 18 cm (sensor) y a 30 cm (drenaje)

En todas las parcelas, la conductividad en el interior de los sustratos, inicialmente más elevada que en la zona profunda, pasa a ser incluso menor en momentos puntuales, como consecuencia de las precipitaciones, o en periodos de tiempo más largos, como consecuencia de los riegos. Cuando CE_{18} es mayor que CE_{30} no es posible distinguir si se debe a una mayor acumulación de cloruro a 18 cm, o a que la humedad es menor y por tanto se encuentra más concentrado; sin embargo, cuando CE_{18} es menor o igual que CE_{30} , significa necesariamente que el sustrato contiene menos cloruro en esa zona del perfil. CE_{18} es menor o igual que CE_{30} en ciertas ocasiones que coinciden, en casi todas las parcelas, con lluvias y con los riegos de verano de 2010 como se puede ver en la parcela 3 (figura 6.50) en la que se resalta el efecto de algunas lluvias que arrastran el ión.

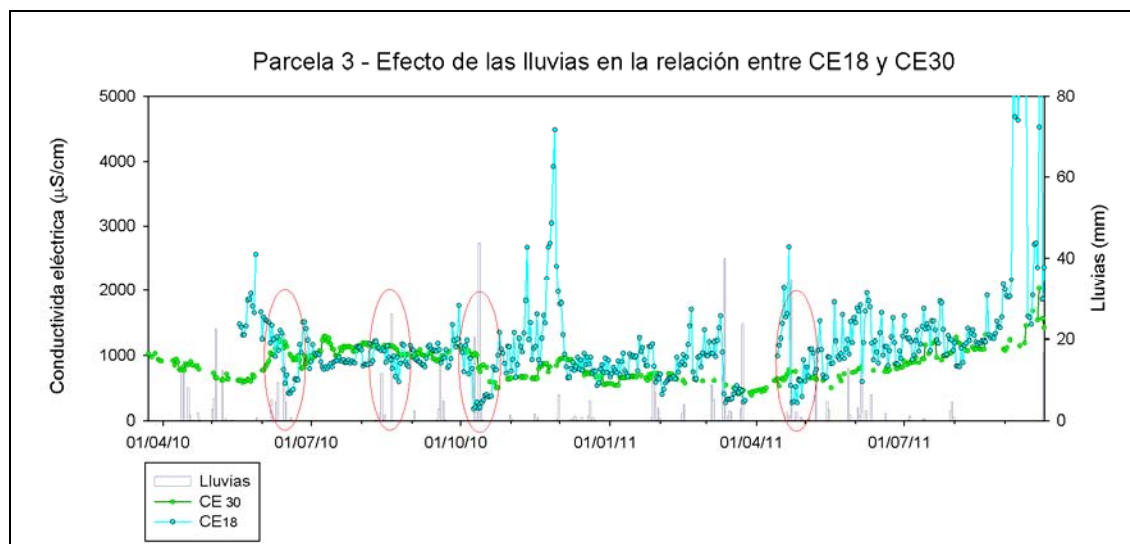


Figura 6.50 Parcela 3 - Efecto de las lluvias en la relación entre CE_{18} y CE_{30}

Se destacan las siguientes observaciones por parcela:

- En el verano de 2010, la parcela 1 presenta una salinidad a 18 cm (CE_{18}) visiblemente más elevada que la salinidad en el drenaje (CE_{30}) y mayor que en todas las demás parcelas. El

valor más elevado de CE_{18} puede deberse a una menor humedad en la zona a 18 cm; la tendencia a incrementarse, sin embargo, parece indicar una acumulación de sales a 18 cm debido a la acción sinérgica del hidrogel y la materia orgánica. El análisis de cloruros de julio de 2013 también lleva a pensar que el cloruro se acumula a 18 cm. Aunque no se cuenta con datos de otoño e inicios de invierno se puede inferir que en esta época se produce una reducción notable de CE_{18} ya que a mediados de invierno, en que se vuelven a tener datos, CE_{18} se encuentra por debajo de CE_{30} ; al parecer, por efecto de las lluvias (otoño-invierno 2010 y 2011: 189 mm con episodios de hasta 43 mm). En la primavera de 2011, CE_{18} se mantiene en general por debajo CE_{30} , pero a inicios del verano se vuelve a incrementar y la tendencia indica que la supera aunque no se cuenta con datos por fallos en el sensor. Los picos de salinidad en el suelo a fines de invierno y fines de primavera del año 2011 corresponden probablemente al arrastre de sales de la zona superficial por las lluvias que se dan en esas fechas.

- El régimen de riego en el verano de 2010 mantiene relativamente constante la conductividad eléctrica del perfil en la parcela 2: CE_{18} se mantiene por debajo de CE_{30} a pesar de que la humedad a 18 cm es menor que cerca del drenaje (30 cm) lo que significa que las entradas evitan la acumulación de sales a 18 cm en el perfil. En otoño-invierno el régimen de riego cambia y CE_{18} es mayor que CE_{30} . Los picos de conductividad son frecuentes por un potencial arrastre de sales de la zona superficial hacia el drenaje, lo que es posible ya que es ahí donde se acumulan las sales en el perfil. A inicios del invierno de 2011 las lluvias invierten el perfil de salinidad por poco tiempo; en adelante y debido al menor régimen de riego de primavera y verano, CE_{18} es mayor que CE_{30} ; los picos de conductividad son más frecuentes y la tendencia de incrementarse de CE_{18} puede indicar acumulación de sales. La presencia de picos de salinidad cada vez más intensos, señalan un posible arrastre de sales de la zona superficial. Hacia finales del verano de 2011, CE_{18} supera notoriamente CE_{30} y los picos de conductividad son frecuentes.
- La conductividad eléctrica en la parcela 3 se comporta de manera similar a la parcela 2 durante el año 2010. Los picos de conductividad son, sin embargo, menos frecuentes y de menor intensidad que en la parcela enmendada con materia orgánica por dos posibles razones: a) la arena de la zona superficial permite menos acumulación de sales que la materia orgánica o, b) el hidrogel no permite la lixiviación de las sales hacia la zona profunda, concentrándola temporalmente en la superficie. El análisis del perfil de cloruro de julio de 2013 apunta a que la primera razón es la más acertada.

- En la parcela 100% arenosa (parcela 5) el régimen de riego de verano de 2010 mantiene la CE_{18} por debajo de CE_{30} como en las parcelas 2 y 3. En otoño e invierno CE_{18} se encuentra por lo general por encima de CE_{30} posiblemente debido a la menor humedad a 18 cm. No se ven en este periodo picos intensos de salinidad, lo que puede deberse a la reducida acumulación de cloruro en la zona superficial, por lo que no parece haber arrastre de sales acumuladas hacia el drenaje. A inicios del invierno de 2011 las lluvias no consiguen invertir el perfil de salinidad y CE_{18} se mantiene en todo momento por encima de CE_{30} . En primavera y verano de 2011 CE_{18} supera en todo momento a CE_{30} aunque su tendencia es a disminuir, lo que puede indicar que el riego lava lentamente las sales de la zona a 18 cm hacia el drenaje. Se presentan pocos casos de picos de salinidad por arrastre de sales de la zona superficial. Hacia final de temporada la conductividad eléctrica a 18 y 30 cm parecen equipararse, como consecuencia del lavado progresivo durante la temporada.

En las figuras 6.51 a 6.54, los valores de CE_{18} y CE_{30} se presentan en distintas escalas para comparar mejor su relación y se destacan algunos puntos máximos y mínimos cuyos desfases son evidentes. Las gráficas apuntan a que ambas conductividades tienen una similar evolución, con un desfase que depende del régimen de riego, las precipitaciones y el sustrato. Este desfase muestra que las sales requieren unos días para recorrer el tramo entre 18 y 30 cm, y que el flujo pistón está presente (Miyazaki, 1993).

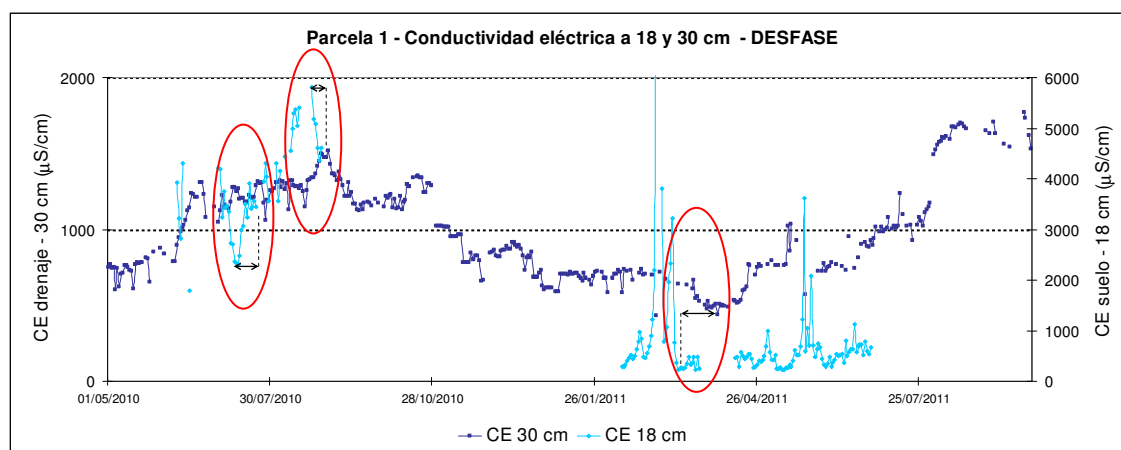


Figura 6.51 Parcela 1 – Desfase entre máximos y mínimos de CE alcanzados a 18 y 30 cm

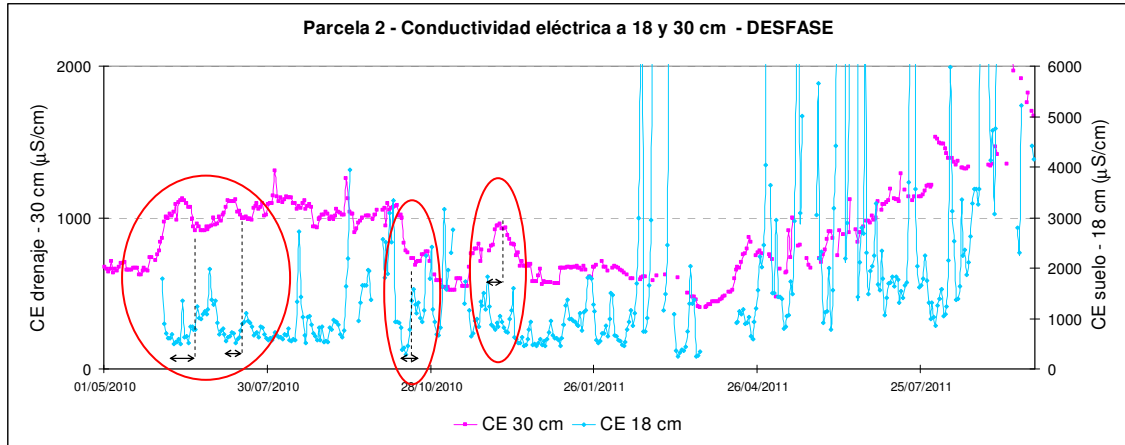


Figura 6.52 Parcela 1 – Desfase entre máximos y mínimos de CE alcanzados a 18 y 30 cm

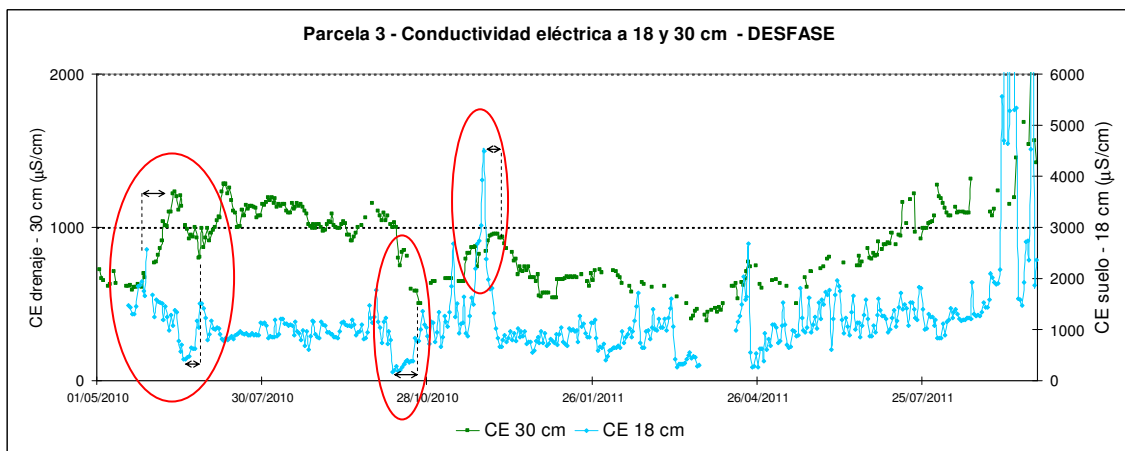


Figura 6.53 Parcela 1 – Desfase entre máximos y mínimos de CE alcanzados a 18 y 30 cm

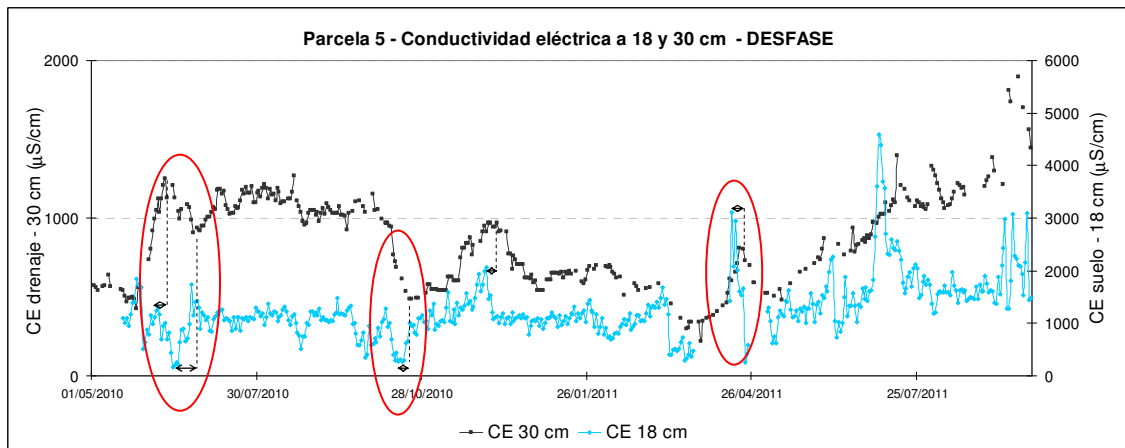


Figura 6.54 Parcela 1 – Desfase entre máximos y mínimos de CE alcanzados a 18 y 30 cm



Conclusiones y Recomendaciones

7. Conclusiones

7.1. *Requerimiento de agua*

- El requerimiento de agua en los greenes depende del clima, del tipo de sustrato, de la variedad de césped y de la calidad visual a la que se desea mantener la hierba.
- Los mayores valores de tasa de evapotranspiración corresponden a las parcelas enmendadas con hidrogel (1 y 3) que incrementan entre 24 y 28% la evapotranspiración con relación a sus homólogas (parcelas 2 y 4) sin el aditivo. La clara disminución del drenaje por efecto del hidrogel genera una mayor disponibilidad de agua para el sistema radicular del césped. Su efecto es especialmente apreciable en condiciones de humedad deficitaria y de elevada evapotranspiración (verano).
- No se han encontrado diferencias significativas en el requerimiento de agua entre los sustratos 100% arenoso y enmendado con materia orgánica, probablemente debido a que en condiciones de disponibilidad total de agua el efecto de la materia orgánica no resulta notorio (año 2010). Cuando disminuye la disponibilidad de agua (segunda mitad del año 2011), la parcela enmendada con materia orgánica presenta una mayor tasa de evapotranspiración que la parcela 100% arenosa lo que pone de manifiesto la capacidad de retención de la materia orgánica, bastante menor que el hidrogel..
- La evapotranspiración de referencia ET_o , calculada a partir de parámetros meteorológicos, parece ser fiable como medida del requerimiento anual de agua, sin embargo, es adecuada de octubre a abril, pero resulta insuficiente de mayo a septiembre debido al elevado requerimiento de agua que presenta la variedad de estación fría *Agrostis stolonífera* L93 en el verano, especialmente cuando la temperatura supera los 29,4°C en los que la hierba sufre estrés térmico. En estas situaciones el requerimiento hídrico es el 37% superior al calculado mediante la reposición de la ET_o .
- La reposición de la evapotranspiración de referencia ET_o (año 2009) conduce a tener tuvo un césped con baja calidad visual, probablemente en estrés hídrico durante el verano, con una calidad aceptable el resto del año.

- Si el objetivo es mantener una buena calidad del césped (año 2010) el riego debe mantener constantemente un nivel elevado de humedad, y el consumo de agua resulta elevado.
- Es posible reducir el volumen de riego en un 23% (en promedio) manteniendo al límite la calidad visual (año 2011). Este importante ahorro, sin embargo, implica menor reserva de agua en el suelo en el caso de fallos en el sistema de riego, cortes de suministro eléctrico, olas de calor u otros imprevistos.

7.2. Drenaje

- En general se aprecia que al aumentar la intensidad del riego el drenaje también aumenta, aunque de distinta manera en cada parcela. La respuesta de los sustratos ante una lluvia es distinta ya que la entrada no es puntual y las condiciones meteorológicas cambian.
- El drenaje se encuentra (en promedio) entre un 33 y un 40% de las entradas en las parcelas no enmendadas con hidrogel, mientras en las que cuentan con esta enmienda, el drenaje se encuentra entre el 19 y el 24% de las entradas; es como mínimo, un 40% menor.
- En general se aprecia que en las parcelas con materia orgánica el drenaje aumenta a medida que aumenta la intensidad de la entrada mientras que en las parcelas arenosas, con y sin hidrogel, el porcentaje más elevado de drenaje ya se alcanza ante riegos de intensidad media.
- Reducir el drenaje para mejorar la eficiencia de riego implica reducir el riego, lo que, especialmente en los meses de verano, puede afectar a la calidad del césped. Por tanto, la eficiencia de riego no puede ser resumida a la minimización del drenaje sino que comprende más aspectos que, en el caso del golf, están orientados a la calidad de la superficie de juego, sobretodo de los greens.
- La adición del hidrogel puede ser una buena medida para optimizar el uso del agua sin perjudicar la calidad de la hierba.

7.3. Almacenamiento

- Los sensores de humedad permiten comprobar que las características constructivas de las parcelas del green experimental generan una zona superficial de drenaje rápido y

una zona profunda de elevada humedad. La zona superficial no alcanza la saturación en ningún momento como sí parece suceder en la zona profunda del perfil, aunque en contadas ocasiones (lluvias o riegos muy intensos).

- La parcela 1, doblemente enmendada con materia orgánica e hidrogel, presenta la mayor capacidad de retención de agua disponible (*CRAD*), lo que favorece el desarrollo del césped. La doble enmienda amplía más de un 31% el agua disponible para las raíces, lo que no sucede cuando las parcelas tienen una sola de estas enmiendas
- La determinación del almacenamiento resultó similar al realizarse con uno (a 18 cm), dos (a 12 y 24 cm) o tres (12, 18 y 24 cm) sensores, por lo que sólo haría falta un sensor a 18 cm de profundidad para determinar el almacenamiento en el perfil. El uso de tres sensores, en cambio, es indispensable si lo que se desea es estudiar el flujo del agua en los sustratos.

7.4. *El flujo del agua*

- Los cuatro sustratos de base arenosa de las parcelas del green experimental se diferencian principalmente en la composición de los primeros 10 cm de perfil: 100% arena en la parcela 4, arena enmendada con hidrogel en la parcela 3, arena enmendada con turba en la parcela 2 y arena doblemente enmendada con materia orgánica e hidrogel en la parcela 1. Esta diferencia confiere a cada perfil características distintas en la distribución y flujo del agua.
- Los sensores han proporcionado la velocidad con que los frentes de humedad alcanzaron los 12 y 24 cm de profundidad. A partir de estos datos se ha podido advertir que en todas las parcelas se producen 2 tipos de flujo: uno rápido, preferencial y uno más lento que presenta las características del flujo insaturado. En las parcelas arenosas (parcela 3 y 4), la predominancia de uno u otro flujo es dependiente de la humedad inicial en el sustrato, mientras que en las parcelas enmendadas con materia orgánica el flujo preferencial está presente en todo el rango de humedad.
- Las parcelas arenosas con materia orgánica superficial presentan tendencia a generar flujo preferencial. La parcela 1 presenta además un flujo de velocidad constante en los primeros 12 cm, como si la zona estuviera saturada por el efecto de retención de la humedad que ejerce de la doble enmienda, lo que es positivo para la hierba.

- En general, el flujo insaturado en la zona superficial de las parcelas es más lento que en la zona profunda debido al mayor nivel de humedad de la zona profunda de los sustratos que activa el flujo pistón.
- Se observa que las enmiendas con materia orgánica o hidrogel reducen la velocidad del frente de humedad en comparación con la parcela no enmendada, lo que, desde el punto de vista del aprovechamiento del agua por las raíces, mejora las propiedades hidráulicas del suelo.
- Las parcelas enmendadas (2 y 3) retienen en la zona superficial (0-12 cm) entradas más intensas que la parcela 100% arenosa, sin mostrar el sensor a 12 cm signos de la llegada del frente de humedad como sí sucede en la parcela 4. Este comportamiento, que demuestra una mayor retención en las zonas enmendadas, se puede ver con entradas de muy baja intensidad que rara vez se producen. En la parcela 1 la zona superficial se encuentra húmeda por lo que las entradas de baja intensidad sí causan un incremento en la lectura del sensor.
- El uso de trazadores aportó información en la caracterización del flujo en las parcelas 2, 3 y 4 pero no en la parcela 1 en la que el trazador quedó totalmente retenido en el perfil. Indicó flujo predominantemente uniforme en las parcelas arenosas (3 y 4) pero predominantemente preferencial en la parcela 2.

7.5. Modelo

- El modelo HYDRUS 1D representa adecuadamente el flujo del agua en todos los sustratos cuando el riego es frecuente y la humedad en el sustrato propicia el flujo uniforme. La eficiencia de los modelos en estas circunstancias varía entre 0,67 y 0,96.
- Cuando las condiciones cambian permitiendo que en los sustratos se haga presente el flujo preferencial, la eficiencia de los modelos se reduce, aunque sigue siendo aceptable en las parcelas 1, 3 y 4 con valores entre 0,57 y 0,88. En la parcela 2, el flujo preferencial predominante entre 12 y 24 cm reduce notoriamente la eficiencia del modelo.
- Los modelos resultan sensibles al parámetro “ n ” de la curva de retención que expresa la facilidad con que el perfil deja fluir el agua. Al ser los sustratos arenosos de flujo rápido y elevada conductividad hidráulica y presentar un perfil poco profundo se comprende que los modelos se apoyen principalmente en este parámetro.

7.6. Escenarios

- La frecuencia de riego influye en la absorción de agua por las raíces y en el drenaje. El modelo apunta a que los riegos más intensos pero menos frecuentes afectan negativamente a la absorción de agua por las raíces en los sustratos de base arenosa del green experimental pudiendo mermar la calidad de la hierba; también incrementan el drenaje con lo que la eficiencia del riego disminuye.
- El riego por reposición de la evapotranspiración de referencia ($100\% ET_o$) disminuye drásticamente el drenaje (entre el 84,5 y el 98% según el sustrato) y reduce la absorción de agua entre un 33,6 y un 41,7% comprometiendo probablemente la calidad de la hierba. La reducción de la humedad en el perfil que causa este riego puede afectar también la predominancia del flujo uniforme.
- El efecto de la enmienda con hidrogel puede conllevar una reducción adicional de un 30% del riego, sin afección a la calidad del césped y con una mejora en la eficiencia de riego.

7.7. Dinámica salina

- El balance de masas indica que en todas las parcelas se acumula cloruro. Durante la investigación, la acumulación de cloruro aportado por el riego se encuentra entre 559 y 1.003 Kg /ha, dos años más tarde, en 2013, el contenido de cloruro en las parcelas ya se encuentra entre 1.300 y 2.400 Kg/ha, probablemente fruto de un riego orientado a mantener el aspecto de hierba (el campo de golf asumió el mantenimiento del green experimental después de terminados los trabajos de la investigación).
- Aunque la acumulación de cloruro y consecuente incremento de la conductividad eléctrica del agua del suelo no afectan el césped durante la investigación no se descarta que el riego con agua de mayor conductividad (como $1,4 \mu\text{S}/\text{cm}$) llegue a alcanzar niveles de salinidad cercanos a la tolerancia de la hierba.
- En general, se encuentra que las lluvias tienen mayor efectividad en el lavado de los sustratos que un exceso de riego aplicado para generar drenaje, lo que confirma que las lluvias de otoño en la región mediterránea son de gran importancia en la reducción de sales en los suelos.
- Los mayores valores de acumulación y la menor efectividad de lavado de sales corresponden a los sustratos enmendados con hidrogel debido a su capacidad de retención de agua que, en el caso de las sales y los lavados, resulta un inconveniente.

8. Recomendaciones

8.1. ***Sobre el requerimiento de agua y la variedad de césped***

El uso de ET_o para el cálculo del requerimiento de agua en los greens de los campos de golf resulta adecuado en los meses entre octubre y abril mientras que en los meses cálidos (mayo a septiembre) el requerimiento de la hierba supera este valor hasta en un 40%. No puede atribuirse esta desviación sólo a que la evapotranspiración de referencia representa una aproximación de la pérdida de humedad en los suelos a partir de valores meteorológicos, sino también al factor biológico de un tipo de césped (*Agrostis stolonifera* L93) que tiene especiales requerimientos de agua, ya que se enfrenta a condiciones climáticas muy exigentes para esta variedad. La elección de la variedad más adecuada a la climatología de la zona, incluso a la calidad de agua de riego, puede reducir notoriamente el requerimiento de agua de los greens; en esos casos ET_o , pasa a ser una buena aproximación.

8.2. ***Sobre el control del riego***

Los actuales sistemas de riego automático en los campos de golf en los que el riego está acoplado a sensores de humedad pueden conseguir el deseado equilibrio entre el consumo de agua y la calidad de la hierba al ser programados para regar cuando la humedad desciende de un valor límite. En este estudio se ha encontrado que en los greens el contenido de agua estaría entre el 72 y el 85% de la capacidad de campo en verano y que puede ser menor los otros meses del año. Si se tiene instalado (o se ha planificado instalar) un sistema moderno de riego en un campo de golf, vale la pena hacer esta determinación con miras a la optimización del uso del agua.

8.3. ***Sobre el papel de las enmiendas***

La materia orgánica no presenta un incremento notorio en la retención de agua del perfil, probablemente porque, al estar contenida principalmente en la superficie donde no se satura el sustrato y no alcanza a mostrar su capacidad de retención, resaltada por distintos autores. En la zona superficial incluso incrementa el flujo preferencial por lo que se recomienda que esté repartida en el perfil de manera uniforme y que la mezcla con la arena se realice fuera del vaso del green, siguiendo las directrices USGA.

La adición del hidrogel puede ser una buena medida para optimizar el uso del agua sin perjudicar la calidad de la hierba ya que marca la diferencia en el consumo de agua; tiene, sin embargo, una desventaja en cuanto a la acumulación de sales en los sustratos por lo que puede ser recomendado en zonas en las que, si bien los recursos hídricos son escasos, éstos son de buena calidad, es decir, tienen un reducido contenido de sales.

8.4. *Sobre los lavados*

Los lavados por exceso de riego no parecen tener un efecto decisivo en el lavado de sales acumuladas en los perfiles por lo que, para evitar acumulación de sales, se recomienda como primera práctica, la optimización de los riegos que son la fuente principal y constante de sales en los sustratos. Como segunda medida se recomienda aprovechar la práctica agrícola del pinchado que mejora temporalmente la conductividad hidráulica de los sustratos, lo que puede hacer más efectivos los lavados; incluso realizar un pinchado antes de las lluvias de otoño puede potenciar el gran efecto de lavado de las lluvias.

8.5. *Sobre la investigación en los campos de golf*

Los modelos matemáticos han resultado adecuados para hacer estimaciones sobre el comportamiento del suelo y la hierba en los greens. La simulación del flujo del agua en otras zonas del campo vendría a complementar la información sobre el consumo y el impacto que sobre el medio ambiente tiene el campo de golf, ya que otras zonas del campo están construidas directamente sobre suelo natural. Si bien este estudio puede resultar complejo, es una profundización en el conocimiento de la verdadera relación que tiene el campo de golf con el medio ambiente. Aunque los campos de golf están ubicados en regiones muy distintas y con suelos diferentes, la profundización en el conocimiento de su funcionamiento hidráulico puede aportar beneficios en la gestión de los campos, incluso en la imagen de este sector económico.

8.6. *Continuación del estudio*

Para complementar el presente estudio se recomienda un estudio adicional sobre el potencial contaminante de agroquímicos aplicados y sobre los efectos del cambio de la calidad del agua de riego. Esta investigación, basada en el estudio del transporte de los agroquímicos a partir los análisis realizados en el marco de la presente tesis ya se ha iniciado, en colaboración con el Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA) de la Universidad Autónoma del Estado de México.



Bibliografía

Bibliografía

- Abbasi, F., Šimůnek, J., Feyen, J. van Genuchten M., Shouse, P. (2003). Simultaneous inverse estimation of soil hydraulic and solute transport parameters from transient field experiments: Homogeneous soil. *American Society of Agricultural Engineers*, Vol. 46(4), 1085-1095.
- Abdou, H., Flury, M. (2004). Simulation of water flow and solute transport in free-drainage lysimeters and field soils with heterogeneous structures. *European Journal of Soil Science*, 55, 229-241.
- Abedi-Koupai, J., Sohrab, F., Swarbrick, G. (2008a). Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. *Journal of Plant Nutrition*, 31:2, 317-331
- Abedi-Koupai, Eslamian, S., Kazemi, J. (2008b). Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel to improve plant growth indices. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8:1, 67-75
- Abou, J. (2006). Modeling phosphorus transport in soil and water. PhD Thesis. McGill University, Montreal.
- Alcalá, F., Solé-Benet, A., Cantón, Y., Ribeiro, L., Contreras, S., Were, A., Serrano-Ortiz, P., Puigdefèbregas, J., Domingo, F. (2011). Evaluación de la recarga difusa y concentrada en macizos carbonatados mediante técnicas físicas y de trazadores: resultados obtenidos en Sierra de Gádor (Sureste de España). Cuatro décadas investigación y formación aguas subterráneas. Libro homenaje Prof. Emilio Custodio. Zaragoza 2011, AIH-GE
- Al-Darby, A. (1996). The hydraulic properties of a sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. *Soil Technology* 9: 15-28.
- Allison, G., Hughes, M. (1983). The use of natural tracers as indicators of soil-water movement in a temperate semi-arid region. *J. Hydrol.* 60:157 – 173.
- Allison, G., Gee, G., Tyler, S. (1994). Vadose-zone techniques for estimating groundwater recharge in arid and semiarid regions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:6 – 14.
- Alshammary, S., Qian, Y., Wallner, S. (2004). Growth response of four turfgrass species to salinity. *Agricultural Water Management*, 66, 97-111.
- Andry, H., Yamamoto, T., Irie, T., Moritani, S., Inoue, M., Fijiyama, H. (2009). Water retention, hydraulic conductivity of hydrophilic polymers in sandy soil as affected by temperature and water quality (2009). *Journal of Hydrology*, 373: 177-183.
- Antúnez, A., Mora, D., Felmer, S. (2010). Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano. *INIA-Tierra adentro*, enero-febrero.
- Anwar, M., Akmal, M., Shah, A., Asim, M., Gohar, R. (2012). Growth and yield comparison of perennial grasses as rained fodder production. *Pak. J. Bot.* 44(2): 547-552.
- Arbat, G., Barragán, J., Puig, J., Poch, R., Ramírez de Cartagena, F. (2003). Evaluación de los modelos numéricos de flujo de agua en el suelo HYDRUS-2D y SIMDAS en riego localizado. J. Álvarez-Benedí y P. Marinero. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI.

- Arbat, G., Puig-Bargués, J., Duran-Ros, M., Barragan, J., Ramírez de Cartagena, F. (2007). Distribución del agua en el suelo en riego por superficie: Aplicación del código HYDRUS. J. V. Giráldez y F. J. Jiménez. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VIII.
- Aronson, L.J., Gold, A.J., Hull, R.J., Cisar, J.L. (1987a). Evapotranspiration of cool-season turfgrasses in the humid northeast. *Agronomy Journal*, Vol 79, N° 5, p. 901-905.
- Aronson, L.J., Gold, A.J. and Hull, R.J. (1987b). Cool-Season Turfgrass Responses to Drought Stress. *Crop Sci.* 27:1261-1266.
- ASCE. (1990). Evapotranspiration and irrigation water requirements: a manual prepared by the committee on irrigation water requirements. American Society of Civil Engineers, New York.
- ASTM International (2003). Standard test methods for particle size analysis and sand shape grading of golf course putting green and sports field rootzone mixes. Designation F 1632
- ASTM International (2002). Standard test methods for organic matter content for putting green and sports turf root zone mixes. Designation F 1647.
- Augustin, B. (2000). Water requirements of Florida turfgrasses. University of Florida, IFAS, Coop. Exten. Pub. EP-024. UF/IFAS.
- Aymerich Golf Management (2005). Segundo informe sobre la industria del golf en España.
- Babel, M., Loof, R., Das Gupta, A. (1995). Fingering preferential flow in unsaturated homogeneous coarse sands. *Hydrological Sciences –Journal des Sciences Hydrologiques*, 40, 1.
- Baird, J., Miehl, A., Suarez, D., Crowley, D. (2013). Irrigation requirements for salinity management on perennial ryegrass. *USGA Turfgrass & Environmental Research Online*, March/April 12(2); p. 11-13.
- Baldwin, C. M., Liu, H., McCarty, L. B., Bauerle, W. L., Toler, J. E. (2006). Response of six bermudagrass cultivars to different irrigation intervals. *HorTechnology*, July-September, 16(3), 466-470.
- Bastug, R., Buyuktas, D. (2003). The effects of different irrigation levels applied in golf courses on some quality characteristics of turfgrass. *Irrig. Sci.* 22:87-93.
- Bastviken, D., Thomsen, F., Svensson, T., Karlsson, S., Sandén, P., Shaw, G., Matucha, M., Öberg, G. (2007). Chloride retention in forest soil by microbial uptake and by natural chlorination of organic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, 3182 – 3192.
- Bauters, T., DiCarlo, D., Steenhuis, T., Parlange, J.-Y. (2000b). Soil water content dependent wetting front characteristics in sands. *Journal of Hydrology*, 231 – 232, 244 – 254.
- Bauters, T., Steenhuis, T., DiCarlo, D., Nieber, J., Dekker, L., Ritsema, C., Parlange, J.-Y., Haverkamp, R. (2000a). Physics of water repellent soils. *Journal of Hydrology*, 231 – 232, 233 – 243.

- Bauters, T., Steenhuis, T., Parlange, J-Y., DiCarlo, D. (1998). Preferential flow in water repellent sands. *Soil Sci. Society of America Journal*, Vol. 62 N° 5, p. 1185-1190.
- Beard, J. B. (1973). *Turfgrass: Science and Culture*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Beard, J. B. (1981). Water conservation and turfgrasses selection. *TurfNews*. 4:12.
- Beard, J. B. (1994). The water-use rate of turfgrasses. *TurfCraft Australia* 39: 79-81.
- Beard, J. B., and Kenna, M.P. (2008). Water issues facing the turfgrass industry: Leading turfgrass scientists meet to exchange ideas regarding issues facing turfgrass water use. *USGA Green Sec. Rec.* 46: 9-17.
- Bennett, O.L., Doss, B.D. (1960). Effect of soil moisture level on root distribution of cool-season forage species. *Agron. J.* 52:204-207.
- Beven, K. (2000). Uniqueness of place and non-uniqueness of models in assessing predictive uncertainty. In: Bentley, L. R., Sykes, J. F., Brebbia, C. A., et al. (Eds). *Computational methods in water resources: proceedings of the XIII international conference*. Balkema, Rotterdam, 1085-1091.
- Bigelow, C. A., Bowman, D. C., Cassel, D. K. (2000). Sand-based rootzone modification with inorganic soil amendments and sphagnum peat moss. *USGA Green Section Record*, 38 (4): 7-13.
- Bigelow, C. A., Bowman, D. C., Cassel, D. K. (2001). Water retention of sand-based putting green mixtures as affected by the presence of gravel sub-layers. *International Turfgrass Society. Research Journal*, Volume 9, 479-486.
- Bigelow, C. A., Bowman, D. C., Cassel, D. K. (2004). Physical properties of three sand size classes amended with inorganic materials or sphagnum peat moss for putting green rootzones. *Crop Sci.* 44: 900-907.
- Biran, I., Bravdo, B., Bushkin-Harav, I. and E. Rawitz, E. (1981). Water consumption and growth rate of 11 turfgrasses as affected by mowing height, irrigation frequency, and soil moisture. *Agron. J.* 73: 85-90.
- Bisquert, J., García, G., Fabregat, F. (2008). *Sensor d'humitat de la terra per al control del reg*. Publicacions de la Universitat Jaume I
- Blankenship, T. M. (2011). Water use characteristics of ten newly established cool-season turfgrass species. Thesis MSc Oregon State University. Pp 10,11
- Blonquist, J., Jones, S., Robinson, D. (2006). Precise irrigation scheduling for turfgrass using a subsurface electromagnetic soil moisture sensor. *Agricultural Water Management*, 84, 153-165.
- Bond, W. (1998). Soil physical methods for estimating recharge. In: *Studies in catmint hydrology – Basics of recharge and discharge*, part 3. Eds. Zhang, L y Walker G. CSIRO Publishing, pp. 27.
- Bowman, D., Evans, R., Paul, J. (1990). Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(3): 382-386

- Bowman, D., Macaully, L. (1991). Comparative evapotranspiration rates of tall fescue cultivars. *HortScience*, Vol 26(2): 122-123
- Bresler, E., McNeal, B. L., Carter, D. L. (1982). Saline and sodic soils: Principle – dynamics – modelling, vol. 10, Advanced Series in Agricultural Sciences, Springer Verlag, Berlin.
- Brown, P.W. (1996). AZMET evapotranspiration estimates: a tool for improving water management of turfgrass. University of Arizona, Phoenix, Arizona
- Butler, J. D., and Minner, D.D. (1985). Turf water use and irrigation practices research. Proc. Northwest Turfgrass Conf. p. 13-21.
- Candela, L., Fabregat, S., Josa, A., Suriol, J., Vigués, N., Mas, J. (2007). Assesment of soil and groundwater impacts by treated urban wastewater reuse. A case study in a golf course (Girona, Spain). *Science of the Total Environment*, 374, 26 – 35.
- Cardenas-Lailhacar, B. (2006). Sensor based automation of irrigation of bermudagrass. Thesis MSc Universidad de Florida.
- Carrow, R.N. (1985). Soil/water relationships in turfgrass. Turfgrass water Conservation, eds. V.A. Gibeault y S.T. Cockerham. University of California Publication 21405. Riverside, C.A pp 85-102.
- Carrow, R.N. (1993). Canopy temperature irrigation scheduling indices for turfgrasses in humid climates. *International Turfgrass Society Research Journal*, 7. Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas.
- Carrow, R.N. (1995). Drought resistant aspects of turfgrasses in the Southeast: evapotranspiration and crop coefficients. *Crop Sci.* 35:1685-1690
- Carrow, R.N. (1996). Summer decline of bentgrass greens. *Golf Course Management*, 64:51-56.
- Carrow, R.N., Duncan, R.R. (1998). Salt affected turfgrass sites: assessment and management. John Wiley & Sons Inc.
- Carrow, R.N., Huck, M., Duncan, R.R. (2000). Leaching for salinity management on turfgrass sites. *USGA Green Section Record*, 38(6), 15-24
- Cavazza, L., Patrunoa, A., Cirilloa, E. (2007). Field capacity in soils with a yearly oscillating water table. *Biosystems Engineering*, 98(3): 364-370
- CCM. Club de Campo del Mediterráneo. Manual interno de procedimientos – Proceso de mantenimiento de campo de golf.
- CCV, Cámara de Comercio Valencia (2010). El turismo de golf. Informe Enero.
- Chang, C., Sommerfeldt, T., Carefoot, J., Schaalje, G. (1983). Relationships of electrical conductivity with total dissolved salts and cation concentration of sulphate-dominant soil extracts. *Can. J. Soil. Sci.* 63: 79 – 86.
- Chetelat, R., Wu, L. (1986). Contrasting response to salt stress of two salinity tolerant creeping bentgrass clones. *Journal of Plant Nutrition* 9 (9), 1185 – 1197.

- Cisneros, R. (2003). Apuntes de la materia de riego y drenaje. Centro de investigación y estudios de postgrado y área agrogeodésica. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí - México.
- Cordukes, W., Parups, E. (1971). Chloride uptake by various turfgrass species and cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 51: 485 – 490.
- Cruz, T., Benavides, A., Hernández, P., Cabrera, M., Estévez, E., Custodio, E. (2011). Estimación de la recarga natural media en la zona noreste de Gran Canaria (Islas Canarias) mediante el balance de cloruros atmosféricos. A: Congreso Ibérico sobre Aguas Subterráneas: desafíos de la gestión para el siglo XXI, AIH-GE, Zaragoza 2011. Zaragoza: Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH) p. 1 – 7.
- Cueto-Felgueroso, L., Juanes, R. (2009). A phase field model of unsaturated flow. *Water Resources Research* Vol. 45, W10409.
- Custodio E. (2010). Estimation of aquifer recharge by means of atmospheric chloride deposition balance in the soil. *Contributions to Science* 6(1): 81 – 97.
- DaCosta, M., Huang, B. (2005). Minimum water requirements for creeping, colonial and velvet bentgrasses under fairway conditions. *Crop Sci.* 46:81-89.
- DaCosta, M., Huang, B. (2006). Deficit irrigation effects on water use characteristics of bentgrass species. *Crop Sci.* 46:1779-1786.
- Das, B., Lee, L., Rao, P., Hultgren, R. (2004). Sorption and degradation of steroid hormones in soils during transport: Column studies and model evaluation. *Environ. Sci. Technol.* 38, 1460-1470.
- Decagon Devices Inc (2007-2010). 5TE Water content, EC and temperature sensors. Operator's Manual - Version 4.
- Decagon Devices, Inc. (2008-2009). 10 HS Soil moisture sensor. Operator's Manual. Version 2.0.
- Decagon Devices, Inc. (2012). Plant available water: How do I determine field capacity and permanent wilting point?
- Dekker, L., Ritsema, C. (1994). How water moves in a water repellent sandy soil 1. Potential and actual water repellency. *Water Resources Research* Vol. 30, Nº 9, 2507-2517.
- Dekker, L., Ritsema, C. (2000). Wetting patterns and moisture variability in water repellent Dutch soils. *Journal of Hydrology* 231-232, 148-164.
- Demlie, M., Wohnlich, S., Gizaw, B., Stichler, W. (2007). Groundwater recharge in the Akaki catchment, central Ethiopia: evidence from environmental isotopes ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ y ^3H) and chloride mass balance. *Hydrological Processes* 21, 807 – 818.
- Dernoeden, P.H. (2002). Creeping bentgrass management: Summer stresses, weeds and selected maladies. John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.
- Dernoeden, P.H. (2006). Understanding wet wilt. Shedding some light on an unfamiliar subject. *USGA Green Section Record*, Mar-Apr 06

- Dettinger, M. (1989). Reconnaissance estimates of natural recharge to desert basins in Nevada, U.S.A., by using chloride-balance calculations. *Journal of Hydrology*, 106, 55-75.
- Devitt, D.A., Lockett, M., Morris, R.L., Bird, B.M. (2007). Spatial and temporal distribution of salts on fairways and greens irrigated with reuse water. *Agron. J.* 99:692-700.
- Devitt, D.A., Morris, R.L., Bowman, D.C. (1992). Evapotranspiration, crop coefficients and leaching fractions of irrigated desert turfgrass systems. *Agron. J.* 84:717-723.
- Dexter, A. (2004). Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120, 201-214.
- DiCarlo, D., Bauters, T., Darnault, C., Steenhuis, T., Parlange, J.-Y. (1999). Lateral expansion of preferential flow paths in sands. *Water Resources Research* Vol. 35, N° 2, 427-434.
- Dorraj, S., Golchin, A., Ahmadi, S. (2010). The effect of hydrophilic polymer and soil salinity on corn growth in sandy and loamy soils. *Clean – Soil, Air, Water*, 38 (7), 584-591.
- Doss, B.D., Ashely, D.A., Bennett, O.L. (1960). Effect of soil moisture regime on rooting distribution of warm-season forage species. *Agron. J.* 52:569-572.
- Dudley, L. M. (1994). Salinity in the soil environment. In: M. Pessarakli (ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*, Marcel Dekker Inc. New York, pp. 13-30.
- Durner, W., Jansen, U., Iden, S. (2008). Effective hydraulic properties of layered soils at the lysimeters scale determined by inverse modelling. *European Journal of Soil Science*, 59, 114-124.
- Dyck, M. (2001). Long-term solute transport under transient, semi-arid conditions. M. Sc. Thesis, University of Saskatchewan. 202 pp.
- Elmi, A., Abou, J., Mandramootoo, C., Hendershot, W. (2012). Estimating phosphorous leachability in reconstructed soil columns using HYDRUS 1D model. *Environ. Earth Sci.* 65, 1751-1758.
- Erwin, E., Koski, A. (1998). Drought avoidance aspects and crop coefficients of kentucky bluegrass and tall fescue turfs in the semiarid west. *Crop Science* Vol. 38 N° 3, p. 788 – 795.
- Evanylo, G., Ervin, E., Zhang, X. (2010). Reclaimed water for turfgrass irrigation. *Water*, 2, 685 – 701.
- Ezlit, Y. (2009). Modelling the change in conductivity of soil associated with the application of saline-sodic water. PhD Thesis – Faculty of Engineering and Surveying. University of Southern Queensland.
- Ezlit, Y., Smith, R., Raine, S. (2010). A review of salinity and sodicity in irrigation. *Irrigation Matters Series* N° 01/10
- FAO (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Cuadernos técnicos de la FAO. Estudios FAO: Riego y drenaje. ISSN 0254-5293.

- Fares, A., Alva, A.K. (1999). Estimation of citrus evapotranspiration by soil water mass balance. *Soil Science* Vol 164 – Issue 5 – pp 302-310
- Farrell, C., Ang, X, Rayner, J. (2013). Water retention additives increase plant available water in green roof substrates. *Ecological Engineering* 52, 112 – 118.
- Fazackerley, S., Lawrence, R. (2011). Automatic in situ determination of field capacity using soil moisture sensors. In *Irrigation and Drainage*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Feddes, R., Bressler, E., Neuman, S. (1978). Simulation of field water use and crop yield. John Wiley & Sons, New York.
- Feddes, R., Kabat, P., Van Bakel, P., Bronswijk, J., Halbertsma, J. (1988). Modelling soil water dynamics in the unsaturated zone – State of the art. *Journal of Hydrology*, 100, 69-111.
- Feldhake, C.M., Danielson, R.E., Butler, J.D. (1983). Turfgrass evapotranspiration. I. Factors influencing rate in urban environments`. *Agronomy Journal* Vol. 75, sept-oct.
- Flury, M., Wai, N. (2003). Dyes as tracers for vadose zone hydrology. *Reviews of Geophysics*, 41(1), 1002, doi: 10.1029/2001RG000109.
- Fox, D. (1981). Judging air quality model performance: A summary of the AMS workshop on dispersion model performance. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 62, 599-609.
- Fritton, D., Kirkham, D., Shaw, R. (1967). Soil water and chloride redistribution under various evaporation potentials. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 31, N° 5, pp. 599 – 603.
- Fry, J., Butler, J. (1989). Responses of tall and hard fescue to deficit irrigation. *Crop Sci.* 29(6): p. 1536-1541.
- Fry, J., Butler, J. (1989). Water management during tall fescue establishment. *HortScience* 24: 79-81.
- Fu, J., Dernoeden, P. H. (2008). Carbohydrate metabolism in creeping bentgrass as influences by two summer irrigation practices. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online* Vol. 7, N° 22:1-9.
- Fu, J., Dernoeden, P. H. (2009). Creeping bentgrass putting green turf responses to two irrigation practices: quality, chlorophyll, canopy temperature and thatch-mat. *Crop Science* Vol. 49, may-june, 1071-1078.
- Fu, J., Fry, J., Huang, B. (2004). Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone. *HortScience* 39(7):1740-1744.
- Fu, J., Koski, A., Qian, Y. (2005). Responses of creeping bentgrass to alinity and mowing management: Growth and turf quality. *HortScience* 40(2):463-467.
- García, M. (2011). Eficiencia del riego. Presentaciones del curso riego y drenaje. www.fagro.edu.uy/hidrologia/riego/eficiencia.pdf - Universidad de la República. Uruguay.
- García, D. (2006). Estudio a diferentes escalas del comportamiento de formas nitrogenadas y tres herbicidas en suelos. Tesis doctoral Universidad de Valladolid.

- Gårdenäs, A., Šimůnek, J., Jarvis, N., van Genuchten, M. (2006). Two dimensional modelling of preferential water flow and pesticide transport from a tile-drained field. *Journal of Hydrology* 329, 647 – 660.
- Gaussoin, R. (2012). Organic matter management on northern golf courses. Minnesota GCSA Mega Seminar. TPC Twin Cities.
- Gaussoin, R., Shearman, R., Wit, L., McClellan, T., & Lewis, J. (2006). Soil physical and chemical characteristics of aging golf greens. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online* 5(14), 1-11.
- Gibeault, V. A., S. Cockerham, J. M. Henry, y J. Meyer. (1989). California turfgrass: It's use, water requirement and irrigation. *Calif. Turfgrass Cult.* 39:1-9.
- Gómez de Barreda, D., Hergueta, R., Pérez, T., Rodríguez, M., Ruiz, E. (2009). Tolerancia al riego con aguas de baja calidad en variedades comerciales de cespitosas C3 – *Agrostis stolonífera*. *Todo Golf*, Año III, N° 4.
- Gonçalves, M., Šimůnek, J., Ramos, T., Martins, J., Neves, M., Pires, F. (2006). Multicomponent solute transport in soil lysimeters irrigated with Waters of different quality. *Water Resources Research*, Vol. 42, W08401, doi: 10.1029/205WR004802.
- González - Hidalgo J. C. (2008). Proyecto cambio climático: base de datos de precipitaciones, análisis de tendencias e impactos en los sistemas naturales. Ministerio de Ciencia e Innovación CGL2008-05112-C02-01/CLI.
- González - Hidalgo J. C., Brunetti, M., de Luis, M. (2010). A new tool for monthly precipitation analysis in Spain: MOPREDAS database (Monthly precipitation trends December 1945-November 2005). *International Journal of Climatology* DOI: 10.1002/joc. 2115.
- Green, R., Beard, J., Casnoff, D. (1990). Leaf blade stomatal characterizations and evapotranspiration rates of 12 cool-season perennial grasses. *HortScience* Vol.25(7):760-761
- Gryndler, M., Rohlenová, J., Kopecký, Matucha, M. (2008). Chloride concentration affects soil microbial community. *Chemosphere* 71, 1401 – 1408.
- Gupta, M., Garg, N., Joshi, H., Sharma, M. (2012). Persistence and mobility of 2,4-D in unsaturated soil zone under winter wheat crop in sub-tropical region of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 146, 60-72.
- Habeck, J., Christians, N. (2000). Time alters greens key characteristics. *Golf Course Management* 68(5):54-60.
- Harivandi, A. (1988). Irrigation water quality and turfgrass management. *California Turfgrass Culture* 38 (3,4): 1 – 4.
- Harivandi, A., Butler, J., Wu, L. (1992). Salinity and turfgrass culture. In: D.V. Waddington, R.N. Carrow, R. C. Shearman (ed.) *Turfgrass. Agronomy Monograph* N° 32. Madison, WI: *American Society of Agronomy*, 207-229.
- Hay, R., Porter, J. (2006). *The physiology of crop yield* ames. Iowa: Blackwell Pub., Oxford, UK.

- Helalia, A., Letey, J. (1988). Cationic polymer effects on infiltration rates with a rainfall simulator. *Soil Science Society of America Journal* 52: 247-250
- Helalia, A., Letey, J. (1989). Effects of different polymers on seedling emergence, aggregate stability and crust hardness. *Soil Science* 148(3): 199-203.
- Henderson, J., Hensley, D. (1986). Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. *HortScience* 21: 991-992.
- Hendrickx, J., Flury, M. (2001). Uniform and preferential flow mechanisms in the vadose zone. National Research Council - Conceptual models of flow and transport in the fractured vadose zone. National Academy Press.
- Hilhorst, M. A. (2000). A pore water conductivity sensor. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1922-1925.
- Himmelbauer, M., Rieckh, H., Loiskandl, W. (2011). Soil water and turfgrass growth under defined climate and soil conditions. Středová, H., Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds): Mikroklima a mezoklima krajinných struktura antropogenních prostředí. Skalní mlýn, 2. – 4.2. 2011, ISBN 978-80-86690-87-2
- Hong, S. (2002). Soil salinity in arid non-flooded riparian areas. Thesis MSc. New Mexico Institute of Mining and Technology, New Mexico.
- Horst, G., Beard, J. (1977). Salinity in turf. *Grounds Maintenance*, April, 66, 69, 72, 72, 109.
- Houston, J. (2007). Recharge to groundwater in the Turi Basin, northern Chile: An evaluation on tritium and chloride mass balance techniques. *Journal of Hydrology* 334, 534 – 544.
- Huang, B., Liu, X., Fry, J. (1998). Effects of high temperature and poor soil aeration on root growth and viability of creeping bentgrass. *Crop Sci.* 38:1618-1622.
- Huang, B. (2002). Getting to the root of summer bentgrass decline. *USGA Green Section Record* Jul/Aug.
- Huang, B. (2006). Turfgrass water use and conservation strategies. Council for Agricultural Science and Technology (CAST). Water Quality & Quantity Issues for Turfgrasses in Urban Landscapes..
- Huang, B., DaCosta, M. (2006). Water conservation in bentgrass fairway management. *Golf Course Manag.* 74:79-82.
- Huang, B., Fry, J. (1999). Turfgrass evapotranspiration. *Journal of Crop Production*, 2:2, 317-333.
- Huang, B., Gao, H. (2000). Growth and carbohydrate metabolism of creeping bentgrass cultivars in response to increasing temperatures. *Crop Sci.* 40:1115-1120.
- Huang, B., Liu, X., Fry, J. (1998). Effects of high temperature and poor soil aeration on root growth and viability of creeping bentgrass. *Crop Sci.* 38:1618–1622.
- Hunt, J., Baker, S. (1996). The influence of rootzone depth and base construction on moisture retention profiles of sports turf rootzones. *J. Sports Turf Res. Inst.* Vol. 72.

- Ingram, D., Yeager, T. (1987). Effects of irrigation frequency and a water-absorbing polymer amendment on *Ligustrum* growth and moisture retention by a container medium. *J. Environ. Hort.* 5: 19-21.
- Jacques, D., Šimůnek, J., Timmerman, A., Feyen, J. (2002). Calibration of Richards' and convection-dispersion equations to field scale water flow and solute transport under rainfall conditions. *Journal of Hydrology* 259, 15-31.
- Jarvis, N. (2007). A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. *European Journal of Soil Science*, 58, 523–546.
- Jiang, S., Pang, L., Buchan, G., Šimůnek, J., Noonan, M., Close, M. (2010). Modelling water flow and bacterial transport in undisturbed lysimeters under irrigations of dairy shed effluent and water using HYDRUS-1D. *Water Research* 44, 1050-1061.
- Jiménez-Martínez, J. (2010). Aquifer recharge from intensively irrigated farmland. Several approaches. PhD Thesis, Technical University of Catalonia.
- Jiménez-Martínez, J., Skaggs, T., van Genuchten, M., Candela, L. (2009). A root zone modelling approach to estimating groundwater recharge from irrigated areas. *Journal of Hydrology* 367, 138–149.
- Johns, D. (1980). Resistances to evapotranspiration from St. Augustinegrass (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze) Turf. PhD Thesis. Texas A&M University.
- Johnson, M (1984). The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. *J. Sci. Food Agric.*, 35: 1196-1200.
- Johnson, P (2003). The influence of frequent or infrequent irrigation on turfgrasses in the cool-arid west. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online* 2(6): 1-8.
- Jordan, J.E., White, R.H., Thomas, J.C, Hale, T.C., Victor, D.M. (2005). Irrigation frequency effects on turgor pressure of creeping bentgrass and soil air composition. *HortScience* 40(1):232-236.
- Jordan, J.E., White, R.H., Victor, D.M., Hale, T.C., Thomas, J.C., Engelke, M.C. (2003). Effect of irrigation frequency on turf quality, shoot density and root length density of five bentgrass cultivars. *Crop Sci.* 43:282-287.
- Kanzari, S., Hachicha, M., Bouhlila, R., Battle-Sales, J. (2012a). Characterization and modelling of water movement and salts transfer in a semi-arid region of Tunisia (Bou Hajla, Kairouan) – Salinization risks of soils and aquifers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 86, 34-42.
- Kanzari, S., Hachicha, M., Bouhlila, R., Battle-Sales, J. (2012b). Simulation of water and salts dynamics in Bouhajla (Central Tunisia): Exceptional rainfall effect. *Soil & Water Res.* (1): 36-44.
- Kim, K. (1983). Comparative evapotranspiration of thirteen turfgrass grown under both non-limiting soil moisture and progressive water stress conditions. Thesis MSc. Texas A&M University.

- Kim, K., Beard, J. (1988). Comparative turfgrass evapotranspiration rates and associated plant morphological characteristics. *Crop Science* Vol. 28 N°2, p. 328-331.
- Kirchner, J., Tetzlaff, D., Soulsby, C. (2010). Comparing chloride and water isotopes as hydrological tracers in two Scottish catchments. *Hydrological Processes* 24, 1631 – 1645.
- Kleinhenz, V. (1999). Sulfur and Chloride in the soil-plant system. K+S Group, Kassel (International Potash Institute, Basel), pp.99.
- Kodešova, R., Kodeš, V., Žigová, Šimůnek, J. (2006). Impact of plant roots and soil microorganisms on soil micromorphology and hydraulic properties. *Biologia*, Bratislava, 61/ Suppl. 19: S339-S434.
- Köhne, J., Köhne, S., Šimůnek, J. (2009a). A review of model applications for structured soils: a) Water flow and tracer transport. *Journal of Contaminant Hydrology* 104, 4-35.
- Kome, C. E. (1993). TDR as means of measuring water use by turf. p. 203-205. In Proceedings of the 63rd Annual Michigan Turfgrass Conference. East Lansing, MI: January 5-7, 1993. East Lansing, MI: Michigan State University.
- Kneebone, W. R., Kopec, D.M., Mancino, C.F.I. L. (1992). Water requirements and irrigation. In: Turfgrass. D.V. Waddington, R.N. Carrow y R.C. Shearman (eds). ASA, CSSA, SSSA. Madison, WI.
- Kneebone, W.R., Pepper, I.L. (1984). Luxury water use by bermudagrass turf. *Agron. J.* 76:999-1002.
- Kneebone, W.R., Pepper, I.L. (1982). Consumptive water use by sub-irrigated turfgrasses under desert conditions. *Agron. J.* 74:419-423.
- Knox, J., Rodríguez-Díaz, J. (2005). El riego en los campos de golf españoles: Sesión II. Presentaciones del Máster en Tecnología en Superficies Deportivas. www.aegreenkeepers.com/.../AEdG_Knox&Rodriguez_Diaz-part2.pdf -Universidad de Cranfield.
- Kramers, G., van Dam, J., Ritsema, C., Stagnitti, F., Oostindie, K., Dekker, L. (2005). A new modelling approach to simulate preferential flow and transport in water repellent porous media: Parameter sensitivity and effects on crop growth and solute leaching. *Soil Research* 43(3) 371 – 382.
- Kroes, J., van Dam, J. (2003). Reference manual SWAP: Version 3.0.3. Rep. 773. Alterra Green World Res., Wageningen, the Netherlands.
- La Branche, A. J. (2005). Creeping bentgrass, Kentucky Bluegrass and tall fescue responses to plant growth stimulants under deficit irrigation. Thesis MSc Virginia Polytechnic Institute and State University. Pp 13, 14, 46, 57, 59-65, 73-87, 105-115.
- Lamont, G., O'Connell, M. (1987). Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. *Scientia Hort.* 31: 141-149.
- Larsson, M., Jarvis, N. (1999). Evaluation of a dual-porosity model to predict field scale solute transport in a macroporous soil. *J. Hydrol.* 215: 153 – 171.

- Lecina, S., Martínez-Cob, A. (2000). Evaluación lisimétrica de la evapotranspiración de referencia semihoraria calculada con el método FAO Penman-Monteith. XVIII Congreso Nacional de Riegos, Huelva.
- Legout, A., Legout, C., Nys, C., Dambrine, E. (2009). Preferential flow and slow convective chloride transport through the soil of a forested landscape (Fougères, France). *Geoderma* 151, 179 – 190.
- Li, Z., Baldwin, C., Hu, Q., Liu, H., Luo, H. (2010). Heterologous expression of Arabidopsis H⁺-pyrophosphatase enhances salt tolerance in transgenic creeping bentgrass (*Agrostis Stolonífera* L.). *Plant, Cell & Environment* 33, 272 – 289.
- Libutti, A., Monteleone, M. (2012). Irrigation management in editerranean salt affected agriculture: how leaching operates. *Italian Journal of Agronomy*, Vol 5, p. 28 – 35.
- Liu, C. (2004). Effect of rootzone composition and cultivation/aeration treatment on the performance of golf greens under New Zealand conditions. PhD Thesis. Massey University, New Zealand.
- Liu, X., Huang, B. (2001). Seasonal changes and cultivar difference in turf quality, photosynthesis and respiration of creeping bentgrass. *HortScience* 36(6):1131-1135.
- Liu, Y., Steenhuis, T., Parlange, J.-Y. (1994a). Formation and persistence of fingered flow fields in coarse grained soils under different moisture contents. *Journal of Hydrology* 159, 187 - 195.
- Liu, Y., Steenhuis, T., Parlange, J.-Y. (1994b). Closed-form solution for finger width in sandy soils at different water contents. *Water Resources Research* Vol. 30, N°4, 949 – 952.
- Lockett, A., Devitt, D., Morris, R. (2008). Impact of reuse water on golf course soil and turfgrass parameters monitored over a 4.5-year period. *HortScience* 43(7):2210 – 2218.
- Lodge T.A(1994). The construction, irrigation and fertiliser nutrition of UK golf greens. PhD Thesis, The University of Leeds, pp 6-85
- Lodge T.A., Baker S.W. (1992). Soil moisture content and evapotranspiration rates of three types of golf green construction in response to different rates of irrigation. *J. Sports Turf Res. Inst.* Vol 68, 104-113
- Lodge, T.A., and S.W. Baker. 1993. Porosity, moisture release characteristics and infiltration rates of three golf green rootzones. *J. Sports Turf Res. Inst.* 69:49-58.
- López-Pérez, G., Arias, M., López, E., Soto, B., Cancho, B., Simal, J. (2006). Dynamics of pesticides in potato crops. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 1797-1803.
- Loucks, D., van Beek, E.(2005). Water resources systems planning and management – An introduction to methods, models and applications– UNESCO ISBN 92-3-103998-9, pp. 265 – 269.
- Lu, X., Jin, M., van Genuchten, M., Wang, B. (2011). Groundwater recharge at five representative sites in the Hebei Plain, China. *Groundwater*, Vol. 49, N° 2.

- Madison, J.H. Jr., Hagan, R.M. (1962). Extraction of soil moisture by “Merion” bluegrass (*Poa pratensis* L. “Merion”) turf, as affected by irrigation frequency, mowing height and other cultural operations. *Agron. J.* 24:157-160.
- Mancino, C., Pepper, I. (1992). Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: Soil quality. *Agronomy Journal*, Vol. 84, N° 4,, p. 650 – 654.
- Marcum, K. (1999). Salinity tolerance in turfgrasses. In: M. Pessarakhli (ed). Handbook of plant and crop stress 2nd ed. Marcel Dekker, New York.
- Marcum, K. (2001). Salinity tolerance of 35 bentgrass cultivars. *HortScience* 36(2): 374-376.
- Marcum, K. (2006). Use of saline and non-potable water in the turfgrass industry: Constraints and developments. *Agricultural water management* 80: 132 - 146.
- Marcum, K., Pessarakhli (2006). Salinity tolerance and salt gland excretion efficiency of bermudagrass turf cultivars. *Crop Sci.* 46: 2571 - 2574.
- Marek, T., Piccinni, G., Schneider, A., Howell, T., Jett, M., Dusek, D. (2006). Weighing lysimeters for the determination of crop water requirements and crop coefficients. *Appl. Eng. Agric.* 22 (2006), pp. 851–856
- McCann, S. E., Huang, B. (2008). Evaluation of drought tolerance and avoidance traits for six creeping bentgrass cultivars. *HortScience* 43(2):519-528.
- McCoy E.L., Kunkel, P., Prettyman, G.W., McCoy, K.R. (2007). Root zone composition effects on putting green soil water. Online: *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS-2007-1119-02-RS.
- McCoy E.L., McCoy, K. (2006). Putting green root-zone amendments and irrigation water conservation. *Golf Course Management*.
- McCoy E.L., McCoy, K. (2006). Dynamics of water flow in putting greens via computer simulation. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online*, Vol, 5, N°17
- McCoy E., McCoy K.R. (2009). Simulation of putting-green soil water dynamics: implications for turfgrass water use. *Agricultural Water Management* 96, 405-414.
- Meyer, J. Gibeault, V., Younger V. (1985). Irrigation of turfgrass below replacement of evapotranspiration as a means of water conservation: determining crop coefficient of turfgrasses. En Lemaire F. (ed) Proceedings of the 5th international turfgrass research conference, Avignon, France. 1-5 july. Institut Nationale de la Recherche Agronomique, Paris.
- Meyer, P., Gee, G. (1999). Flux based estimation of field capacity. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 125(7): 595-599.
- Millet, X. (2004). Gestión de nutrientes y de la salinidad en campos de golf regados con agua regenerada. Escola de Tardor. UJI.
- Mitra, S. (2000). Salts influence the health of turf. *Golf Course Management*, July.
- Miyamoto, S. (2013). Factors affecting salt accumulation in irrigated fairways and roughs in the arid southwest. *Golf Course Management*, March.

- Miyazaki, T., Hasegawa, S., Kasubuchi, T. (1993). *Water Flow in Soils*, Marcel Dekker INC, New York.
- Monteleone, M., Libutti, A. (2012). Salt leaching due to rain in Mediterranean climate: is it enough?. *Italian Journal of Agronomy* Vol. 7:e6, pg. 36-43.
- Montoya, M.I. (2008). Modelación matemática del transporte y transformaciones del nitrógeno procedente de la aplicación agrícola de purines en la zona no saturada del suelo. Influencia de las variables relacionadas con la estructura del terreno. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Morell, I. (2006). La demanda de agua para los campos de golf. El agua y el medio ambiente. Instituto de Estudios Almerienses. Colección Ciencia y Tecnología. Nº 2.
- Mualem, Y. (1976). A new model for prediction of the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research* 12 (3), 513-522.
- Nakayama, F., Jackson, R., Kimball, B., Reginato, R. (1973). Diurnal soil-water evaporation: Chloride movement and accumulation near the soil surface. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 37, Nº 4, pp. 509 – 513.
- Nektarios, P., Petrovic, A., Steenhuis, T. (2007). Preferential flow in simulated greenhouse golf putting green profiles as affected by aeration and two soil moisture regimes. *Soil Science* Vol. 172, Issue 2, pp. 108 – 123.
- Nelson Turf (2008). Catálogo de productos.
- Nieber, J., Dautov, R., Egorov, A., Sheshukov, A. (2005). Dynamic capillary pressure mechanism for instability in gravity-driven flows; review and extension to very dry conditions. *Transp. Porous Med.* 58: 147-172.
- Nielsen, D., Jackson, R., Cary, J., Evans, D. (1972). Soil water. Am. Soc. Agron. & Soil Sci. Soc. Am. Madison.
- Nodvin, S., Driscoll, C., Likens, G. (1986). Simple partitioning of anions and dissolved organic-carbon in a forest soil. *Soil Sci.* 142: 27 – 35.
- Nosetto, M., Jobbágy, E., Brizuela, A., Jackson, R. (2012). The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154, 2-11.
- Öberg, G. (1998). Chloride and organic chlorine in soil. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 26: 137 – 144..
- Öberg, G., Sandén, P. (2005). Retention of chloride in soil and cycling of organic matter-bound chlorine. *Hydrological Processes* 19, 2123 – 2136.
- Öhrström, P., Hamed, Y., Persson, M., Berndtsson, R. (2004). Characterizing unsaturated solute transport by simultaneous use of dye and bromide. *Journal of Hydrology* 289, 23 – 35.
- Oostindie, K., Dekker, L., Ritsema, C., Wesseling, J., Aguilera, H. (2009). Optimización de la humectación del suelo en un campo de golf. *Greenkeepers*, enero.

- Pachepsky, Y., Smettem, K., Vanderborght, J., Herbst, M., Verreecken, H., Wösten, J. (2004). Reality and fiction of models and data in soil hydrology. In: R.A. Feddes (Ed.) et al., *Unsaturated-Zone Modeling*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Paiva, T., Gentry, R. (2011). Numerical modelling of the effect of variation of boundary conditions on vadose zone hydraulic properties. *R. Bras. Ci. Solo*, 35: 263-272.
- Pang, L., McLeod, M., Aislabie, J., Šimůnek, J., Close, M., Hector, R. (2008). Modeling transport of microbes in ten undisturbed soils under effluent irrigation. *Vadose Zone Journal*, Vol. 7, N° 1, pp. 97-111.
- Papiernik, S., Yates, S., Koskinen, W., Barber, B. (2007). Processes affecting the dissipation of the herbicide isoxaflutole and its diketone nitrile metabolite in agricultural soils under field conditions. *J. Agric. Food Chem.* 55, 8630-8639.
- Paulsen, G. M. (1994). High temperature responses of crop plants, p. 365-389. In: K. J. Boote, J.M. Bennett, T.R. Sinclair and G.M. Paulsen (eds). *Physiology and determination of crop yield*. ASA, CSSA y SSSA, Madison, Wis.
- Pereira, L., Cordey, I., Iacovides I. (2009). *Coping with water scarcity. Addressing the challenges*. Springer
- Philip, JR. (1957). The theory of infiltration: 1. The infiltration equation and its solution. *Soil Sci.* 83, 345 – 357.
- Poch, R., Mailhol, J., Candela, L., Ramírez de Cartagena, F. (2005). Estimación de los riesgos de lixiviación de nitratos en suelos agrícolas: ¿Enfoque numérico o funcional? In: Samper, F., Paz, A. (Eds). *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*. Vol. VII
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa.
- Prettyman, G., McCoy, E. (1999). Subsurface drainage of modern putting greens. *USGA Green Section Record* 38(4):17-11.
- Prettyman, G., McCoy, E. (2003). Profile layering, root zone permeability and slope effect on soil water content during putting green drainage. *Crop Sci.* 43:985-994.
- Qian, Y. L., Fry, J. D., Wiest, S. C., Upham, W. S. (1996). Estimating turfgrass evapotranspiration using atmometers and the Penman-Monteith model. *Crop Sci.* Vol 36, N° 3, p. 699-704.
- Qian, Y. L., Fry, J. D., Wiest, S. C., Upham, W. S. (1997). Rooting and drought avoidance of warm-season turfgrasses and tall fescue in Kansas. *Crop Sci.* Vol 37, N° 3, p. 905-910.
- Qian, Y.L., Fu, J.M. (2005). Response of creeping bentgrass to salinity and mowing management: Carbohydrate availability and ion accumulation. *HortScience* 40 (7): 2170-2174.
- Qian, Y. L., Mercham, B. (2005). Long term effects of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties on golf course fairways. *Agronomy Journal*, Vol. 97, N° 3, p.717 – 721.

- Raine, S.R., Meyer, W.S., Rassam, D.W., Hutson, J.L., & Cook, F.J. (2007). Soil–water and solute movement under precision irrigation: knowledge gaps for managing sustainable root zones. *Irrigation Science* 26(1), 91-100.
- Ramos, T., Šimůnek, J., Gonçalves, M., Martins, J., Prazeres, A., Castanheira, N., Pereira, L. (2011). Field evaluation of a multicomponent solute transport model in soils irrigated with saline waters. *Journal of Hydrology* 404: 129-144
- Redon, P., Abdelouas, A., Bastviken, D., Cecchini, S., Micolás, M., Thiry, Y. (2011). *Environmental Science Technology* 45, 7202 – 7208.
- Ren, L., Lai, J. (2010). Evaluating the scale dependency of measured hydraulic conductivity using double-ring infiltrometers and numerical simulation. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia.
- Reyero, F. (2006). Evaluación de impacto ambiental en campos de golf. III Jornadas de Golf y Medio Ambiente, Mijas.
- Ríos, L., Vélez, M. (2007). Estimación de la vulnerabilidad de acuíferos mediante un modelo cuantitativo – Hydrus 1D. Avances en recursos hidráulicos. N° 15
- Ritsema, C., van Dam, J., Nieber, J., Dekker, L., Oostindie, K., Steenhuis, T. (2001). Preferential flow in water repellent sandy soils: principles and modelling approaches. In: Bosch, D., King, K., Michigan, S-J (eds) Preferential flow water: movement and chemical transport in the environment, Proc. 2nd Intl. Symp – Hawaii.
- Rocha, D., Abbasi, F., Feyen, J. (2006). Sensitivity analysis of soil hydraulic properties on subsurface water flow in furrows. *Journal of irrigation and drainage engineering* Vol. 132, N° 4.
- Romero, C., Dukes, M. (2009). Turfgrass and ornamental plant evapotranspiration and crop coefficient. Literature review. UF Agricultural and Biological Engineering Department.
- Rubio, C., Llorens, P., van Genuchten, M. (2005). Modelización del flujo transitorio en suelos franco-limosos utilizando HYDRUS-1D. F. Samper Calvete y A. Paz González. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VII.
- Santarius, K. A. (1976). Sites of heat and sensitivity in cloroplasts and differential inactivation of cyclic and non cyclic photophosphorylation by heating. *J. Therm. Biol.* 1:101-107.
- Sarmah, A., Close, M., Dann, R., Pang, L., Green, S. (2006). Parameter estimation through inverse modelling and comparison of four leaching models using experimental data from two contrasting pesticide field trials in New Zealand. *Soil Research*, 44(6), 581-597.
- Sass, J., Horgan, B. (2006). Irrigation scheduling on sand-based creeping bentgrass: Evaluating Evapotranspiration, Capacitance Sensors and deficit irrigation in the upper Midwest. Online: *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS-2006-0330-01-RS.
- Schaap, M. G., Leij, F. J. (2000). Improved prediction of unsaturated hydraulic conductivity with the Mualem-van Genuchten model. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 64, N° 3, 843-851.

- Schaap, M. G., Leij, F. J., van Genuchten, M. Th. (2001). ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal of Hydrology* 251, 163 - 176.
- Scott, R., Shuttleworth, W., Keefer, T., Warrick, A. (2000). Modeling multiyear observations of soil moisture recharge in the semiarid American Southwest. *Water Resources Research*, Vol. 36, N° 8, pp. 2233-2247.
- Seita, J., Beltrao, J., Carrasco de Brito, J., Neves, A. (2008). Chloride removal potential of turfgrass in golf courses of the mediterranean region. 4th IASME/WSEAS International Conference on energy, environment, ecosystems and sustainable development (EEESD'08). Algarve, Portugal.
- Sevostianova, E., Leinauer, B., Sallenave, R., Karcher, D., Maier, B. (2011). Soil salinity and quality of sprinkler and drip irrigated cool-season turfgrasses. *Agronomy Journal*, Vol. 103, Issue 5.
- Selle, B., Minasny, B., Bethune, M. (2007). Exploring the applicability of Richards' equation models using multiple observations. 17th International Congress on Modelling and Simulation.
- Serna, F. (1999). Informe sobre las necesidades de agua de las gramíneas que se incorporan en un campo de golf. AESMA.
- Shearman, R. C., and J. B. Beard. (1973). Environmental and cultural preconditioning effects on the water use rate of *Agrostis palustris* Huds., cultivar Penncross. *Crop Sci.* 13:424-427.
- Shedd, M., Dukes, M., Miller, G. (2007) Evaluation of Evapotranspiration and Soil Moisture-Based Irrigation Control on Turfgrass. World Environmental and Water Resources Congress 2007: pp. 1-21.
- Silberbush, M., Adar, E., DeMalach, Y. (1993a). Use of an hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes I. Corn irrigated by trickling. *Agricultural Water Management*, 23, 303-313.
- Silberbush, M., Adar, E., DeMalach, Y. (1993b). Use of an hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes II. Cabbage irrigated by sprinkling with different water salinities. *Agricultural Water Management*, 23, 315-327.
- Šimůnek, J., Bradford, S. (2008). Vadose Zone Modeling: Introduction and importance. *Vadose Zone Journal*, 7, 581-586.
- Šimůnek, J., Jacques, D., Twarakavi, N., van Genuchten M. (2009). Selected HYDRUS modules for modelling subsurface flow and contaminant transport as influenced by biological processes at various scales. *Biologia*, Vol. 64, Issue 3, pp. 465-469.
- Šimůnek, J., Jacques, D., van Genuchten M., Mallants, D. (2006). Multicomponent geochemical transport modelling using HYDRUS 1D and HP1. *Journal of the American Water Resources Association*, dec.
- Šimůnek, J., Jarvis, N., van Genuchten, M. Th., Gärdenäs, A. (2003). Review and comparison of models for describing non equilibrium and preferential flow and transport in the vadose zone. *Journal of Hydrology* 272, 14-35.

- Šimůnek, J., Šejna, M., Saito, H., Sakai, M., van Genuchten M. Th. (2009). The HYDRUS 1-D software package for simulating the one dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably-saturated media. Version 4.08. Department of Environmental Sciences. University of California Riverside.
- Šimůnek, J., van Genuchten, MTh. (1999). Using the HYDRUS-1D and HYDRUS-2D codes for estimating unsaturated soil hydraulic and solute transport parameters. In: vanGenuchten M., Leij FJ, Wu L, editors. Characterization and measurement of the hydraulic properties of unsaturated porous media. University of California, Riverside, CA, p. 1523–36
- Šimůnek, J., van Genuchten M. Th., Šejna, M. (2008a). Development and applications of the HYDRUS and STANMOD software packages and related codes. *Vadose Zone J.* 7-587-600.
- Skagg, T., Shouse, P., Poss, J. (2006). Irrigating Forage Crops with saline waters 2. Modeling root water uptake and drainage. *Vadose Zone Journal*, V. 5, N° 3, p. 824-
- Smith, M., Allen, R. G., Monteith, J. L., Pereira, L. S., Pruitt, W. O. (1992). Report on the experts consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements. Land and Water Development Division. United Nations Food and Agriculture Service.
- Soylu, M., Istanbuluoglu, E., Lenters, J., Wang, T. (2011). Quantifying the impact of groundwater depth on evapotranspiration in a semi-arid grassland region. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 787-806.
- Stormont, J., Anderson, C. (1999). Capillary barrier effect from underlying coarser soil layer. *J. Geotech, Geoenviron. Eng.* 125 (8), 641-648.
- Subyani, A. (2004). Use of chloride-mass balance and environmental isotopes for evaluzation of groundwater recharge in the alluvial aquifer, Wadi Tharad, western Saudi Arabia. *Environmental Geology* 46, 741 – 749.
- Sukhija, B., Reddy, D., Nagabhushanam, P., Hussain, S. (2003). Recharge processes: piston flow vs preferential flow in semiarid aquifers of India. *Hydrogeology Journal* 11:387-395.
- Su, K., Bremer, D., Keeley, S., Fry, J. (2007). Effects of high temperature and drought on a hybrid bluegrass compared with Kentucky bluegrass and Tall fescue. *Crop Science*, Vol. 47, N° 5, p. 2152-2161.
- Sun, H. (2011). Characterizing water and nitrogen dynamics in urban/suburban landscapes. PhD Thesis. Utah State University.
- Svensson, T., Lovett, G., Likens, G. (2012). Is chloride a conservative ion in forest ecosystems?. *Biogeochemistry*, 107: 125 – 134.
- Tayel, M; El-Hady, O. (1981). Super gel as a soil conditioner. I. Its effect on some soil-water relations. *Acta Hort.* 119: 247-256.
- Taylor, D., Williams, F., Nelson, S. (1994). Water Retention in golf greens: Sub-root zone layering effects. *USGA Green Section Record* Jan/Feb.
- Terravida. (2008) TerraCottem®. Acondicionador de suelo. Folleto explicativo del producto TerraCottem®.

- Throssell, C. S. (1990). Irrigation scheduling using turfgrass canopy temperature. *Golf Course Management* July, 32-44.
- Throssell, C. S., Carrow, R. N. y Milliken, G. A. (1987). Canopy temperature based irrigation scheduling indices for kentucky bluegrass turf. *Crop Sci.* 27:126-131.
- Tuñón, J. (2000). Determinación experimental del balance hídrico del suelo y evaluación de la contaminación asociada a las prácticas agrícolas. Tesis Doctoral, Universidad Jaume I de Castellón.
- Turf-Tec International (2009). Infiltrometer Instructions. Tallahassee, FL.
- USGA (2004). Recommendations for a method of putting green construction, Green Section Staff to the United States Golf Association
- U.S. Salinity Laboratory Staff (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils, U.S.D.A. Handbook 60, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Van den Bosch, H., Ritsema, C., Boesten, J., Dekker, L., Hamminga, W. (1999). Simulation of water flow and bromide transport in a water repellent sandy soil using a one-dimensional convection-dispersion model. *Journal of Hydrology* 215, 172-187.
- Vanderborght, J., Gähwiler, P., Flühler, H. (2002). Identification of transport processes in soil cores using fluorescent tracers. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 66, N° 3, 744 – 787.
- Vanderborght, J., Vereecken, H. (2005). Review of dispersivity lengths for transport modelling in soils. In: AGU fall meeting abstracts, vol. 1, pp. 426
- Van Genuchten, M. Th. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 44 (1980).
- Van Genuchten, M. Th. (1987). A numerical model for water and solute movement in and below the root zone. Res. Rep. 121. U.S. Salinity Lab., Riverside, CA.
- Van Genuchten, M. Th., Leij, F. J., Yates, S., R. (1991). The RETC code for quantifying the Hydraulic functions of unsaturated soils. EPA Document EPA/600/2-91/065.
- Vasanth, A. (2008). Evaluation of evapotranspiration-based and soil-moisture-based irrigation control in turf. Thesis MSc. North Carolina State University.
- Veihmeyer, F., Hendrickson, A. (1931). The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. *Soil Science* 32 (2): 181-183.
- Ventrella, D., Mohanty, N., Šimůnek, J., Losavio, N., van Genuchten, M. (2000). Water and chloride transport in a fine textured soil: Field experiments and modeling. *Soil Science*, Vol. 165, Issue 8, pp. 624 – 631.
- Vereecken, H., Huisman, J., Bogaen, H., Vanderborght, J., Vrugt, J., Hopmans, J. (2008). On the value of soil moisture measurements in vadose zone hydrology: A review. *Water Resources Research*, 44, W00D06.

- Vereecken, H., Weynants, M., Javaux, M., Pachepsky, Y., Schaap, M., van Genuchten, M. (2010). Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten-Mualem soil hydraulic properties: A review. *Vadose Zone J.*, 9, 795 – 820.
- Vogeler, I., Green, S., Scotter, D., Clothier, B. (2001). Measuring and modelling the transport and root uptake of chemicals in the unsaturated zone. *Plant Soil*, 231, 161-174.
- Vrugt, J., Stauffer, P., Wöhling, Th., Robinson, B., Vesselinov, V. (2008). Inverse modeling of subsurface flow and transport properties: A review with new developments. *Vadose Zone Journal*, Vol. 7, N° 2, p. 843-864.
- Waltz, F., Quisenberry, V., McCarty, L. (2003). Physical and hydraulic properties of rootzone mixes amended with inorganics for golf putting greens. *Agron. J.* 95:395-404.
- Wang, W., Neuman, S., Yao, T., Wierenga, P. (2003). Simulation of large-scale field infiltration experiments using a hierarchy of models based on public, generic, and site data. *Vadose Zone Journal* Vol 2, N° 3, p. 297-312.
- Warnke, S. (2003). Creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera* L.). En Casler, M. D., Duncan, R. R (eds). *Turfgrass biology, genetics and breeding*. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, NJ, 175–182.
- White, P., Broadley, M. (2001). Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: A review. *Annals of Botany* 88: 967 – 988.
- Willmott, C. (1982). Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin American Meteorological Society* 63:1309-1313.
- Wood, W. (1999). Use and misuse of the chloride-mass balance method in estimating ground water recharge. *Ground Water*, Vol. 37, N° 1.
- Woods, S. A. (2005). Long-term scale transport of a chloride tracer under transient, semi-arid conditions. PhD Thesis. University of Saskatchewan.
- Wösten, J., Pachepsky, Y., Rawls, W. (2001) Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology* 251: 123 - 150
- Xu, Q., Huang, B. (2000). Effects of differential air and soil temperature on carbohydrate metabolism in creeping bentgrass. *Crop Sci.* 40:1368-1374.
- Xu, G., Magen, H., Tarchitzky, J., Kafkafi, U. (2000). Advances in chloride nutrition). *Advances in Agronomy* 68: 96 – 150.
- Young, M.H., Wierenga, P. J., Mancino, C. F. (1996). Large weighing lysimeters for water use and deep percolation studies. *Soil Science*, Volume 161, Issue 8 – pp 491-501
- Young, M.H., Wierenga, P. J., Mancino, C. F. (1997). Monitoring near-surface soil water storage using time domain reflectometry and weighing lysimetry. *Sci. Soc. Amer. J.* 61, pp. 1138–1146.
- Zhang, J., Baker, S. (1999). Sand characteristics and their influence on the physical properties of rootzone mixes used for sports turf. *Journal of Turfgrass Science* Vol. 75.

- Zimmermann, U., Munnich, K., Roether, W. (1967). Downward movement of soil moisture traced by means of hydrogen isotopes. *Geophys. Monogr. Am. Geophys. Union* 11: 28-36
- Zotarelli, L., Dukes, M., Morgan, K. (2010). Interpretation of soil moisture content to determine soil field capacity and avoid over-irrigation sandy soils using soil moisture sensors. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. AE 460



Anexos

- A. Longitud media de raíces
- B. Balance hídrico
- C. Flujo
- D. Modelo HYDRUS 1D - Inputs
- E. Conductividad eléctrica y concentración de cloruro del agua de drenaje
- F. Balance de cloruro y drenaje relativo
- G. Propiedades fisicoquímicas del agua de riego

A. Longitud media de raíces

Tabla A.1 Longitud media de las raíces durante la investigación

Fecha	Longitud media de raíces (cm)				
	P1	P2	P3	P4	P5
04/03/2009	12	10	11	14	12
06/05/2009	12,5	14,5	13	12	12,5
12/06/2009	14	10,5	19	20,5	13
10/07/2009	11	14	15	23,5	15
21/08/2009	6	12	8	22	16
04/11/2009	4	5	11	10,5	8
14/01/2010	9	5,5	7,5	10,5	6,5
07/04/2010	6,5	7	9	8,5	5
17/06/2010	8,5	8,5	13	9,5	9,5
24/10/2010	5	2,5	7	4,5	3,2
26/12/2010	4	2	2,5	1,5	3
15/02/2011	3	3	4,5	3	2,5
08/04/2011	5	7	3,5	4	4
15/05/2011	4,5	7,5	4,5	6,5	3,5
15/06/2011	7,5	4	6	5,5	7
31/07/2011	5,5	4	6	6	6,5
04/09/2011	4	4	3,5	4	4

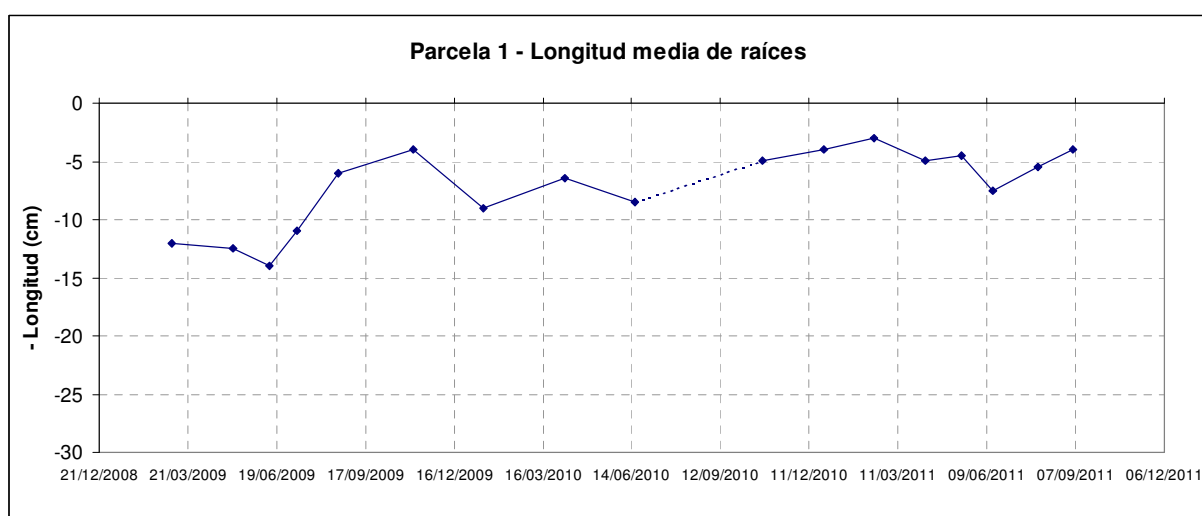


Figura A-A Parcela 1 – Longitud media de raíces

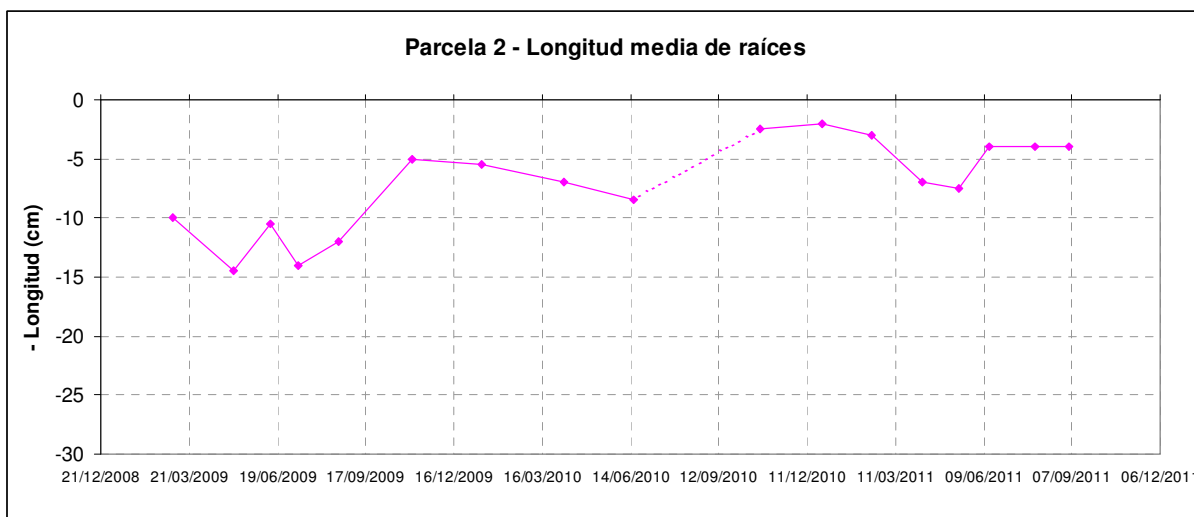


Figura A-B Parcela 2 – Longitud media de raíces

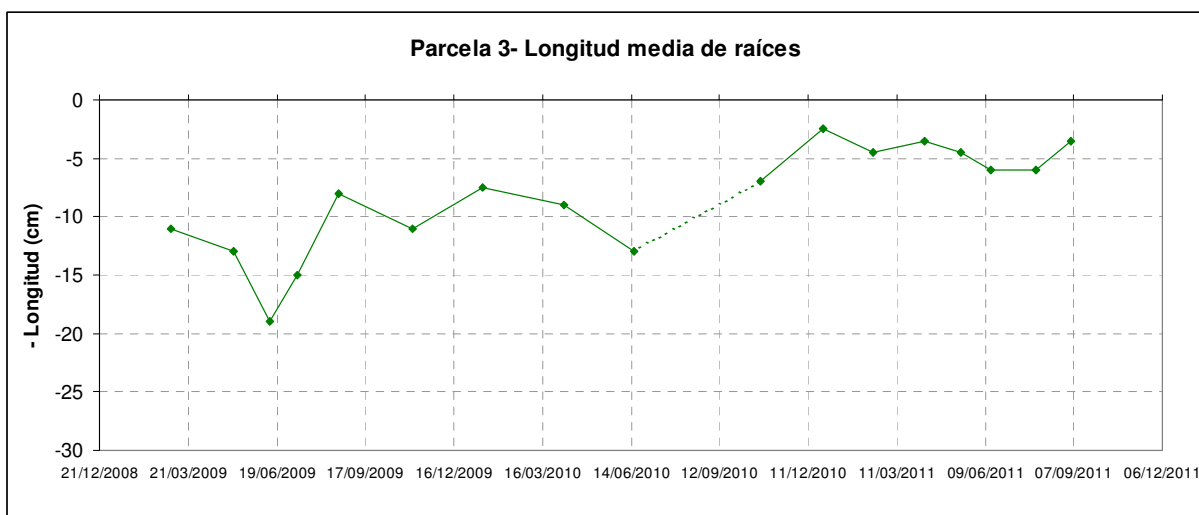


Figura A-C Parcela 3 – Longitud media de raíces

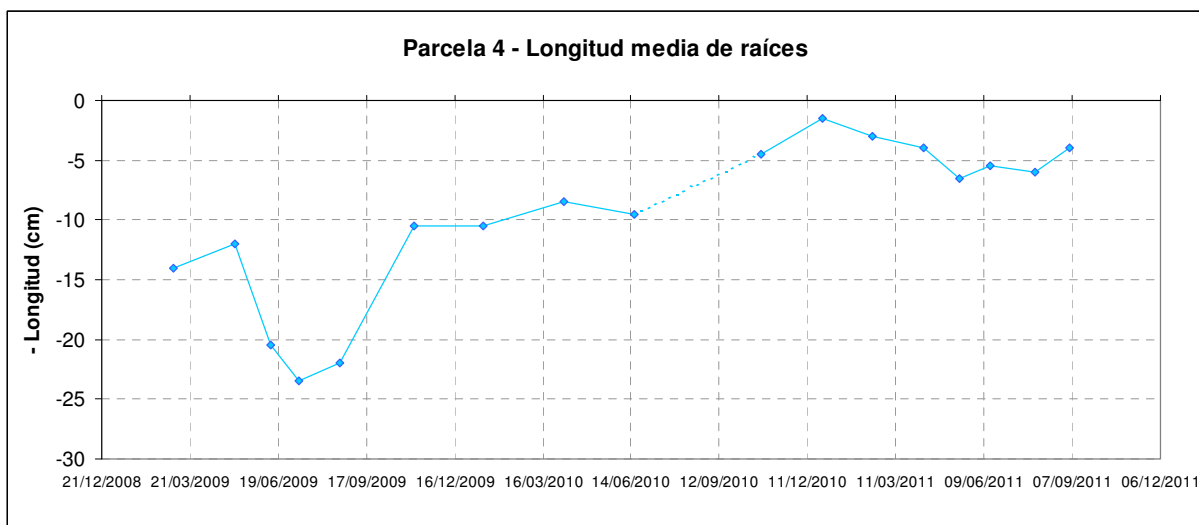


Figura A-D Parcela 4 – Longitud media de raíces

B. Balance hídrico

Tabla B.1 Parcela 1 –BH - Marzo 2010

Fecha	ET _o	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/03/2010 20:00	2,36	0,00	0,19	-1,70	1,51
02/03/2010 20:00	2,37	15,32	2,03	11,54	1,75
03/03/2010 20:00	1,39	0,00	0,00	-1,01	1,01
04/03/2010 20:00	2,37	8,37	3,12	2,38	2,87
05/03/2010 20:00	1,92	7,73	4,86	-0,42	3,30
06/03/2010 20:00	1,84	0,00	0,00	-1,68	1,69
07/03/2010 20:00	0,99	9,19	2,32	3,74	3,13
08/03/2010 20:00	2,52	0,00	3,02	-4,76	1,74
09/03/2010 20:00	3,23	0,00	0,80		
10/03/2010 20:00	1,6	6,05	1,81		
11/03/2010 20:00	2,14	0,00	0,00	-3,44	3,44
12/03/2010 20:00	0,98	0,00	0,00	-1,37	1,37
13/03/2010 20:00	2,84	6,00	0,70	1,54	3,75
14/03/2010 20:00	2,8	0,00	0,00	-3,64	3,63
15/03/2010 20:00	2,44	0,00	0,00	-1,69	1,68
16/03/2010 20:00	2,13	8,69	0,91	3,25	4,53
17/03/2010 20:00	2,17	0,00	0,00	-2,98	2,98
18/03/2010 20:00	1,58	0,25	0,00	-1,49	1,74
19/03/2010 20:00	1,02	8,72	3,26	3,30	2,15
20/03/2010 20:00	1,5	2,03	0,00	-0,77	2,80
21/03/2010 20:00	1,94	4,75	0,99	2,53	1,23
22/03/2010 20:00	1,82	0,00	0,00	-2,55	2,55
23/03/2010 20:00	1,47	0,00	0,00	-3,05	3,05
24/03/2010 20:00	0,91	0,00	0,00	-2,23	2,23
25/03/2010 20:00	1,62	5,67	0,76	3,19	1,72
26/03/2010 20:00	4,59	0,00	0,00	-3,30	3,30
27/03/2010 20:00	2,86	5,65	0,26	4,72	0,66
28/03/2010 20:00	2,63	0,00	0,00	-1,75	1,74
29/03/2010 20:00	2,69	5,66	0,00	2,21	3,45
30/03/2010 20:00	5,47	11,39	1,02	3,79	6,58
31/03/2010 20:00	3,06	0,00	0,00	-4,35	4,35
TOTAL	69,3	105,5	26,1	0,01	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	64,4				76,0
Kc					1,2

Tabla B.2 Parcela 1 –BH - Abril 2010

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/04/2010 20:00	3,43	0,00	0,27	-4,18	3,91
02/04/2010 20:00	2,64	0,00	0,00	-3,47	3,47
03/04/2010 20:00	2,61	3,50	0,11	-1,07	4,47
04/04/2010 20:00	4,05	2,38	0,10	-0,70	2,97
05/04/2010 20:00	3,28	0,00	0,00	-1,08	1,07
06/04/2010 20:00	2,64	5,75	0,05	2,45	3,25
07/04/2010 20:00	1,88	8,48	0,10	6,45	1,93
08/04/2010 20:00	2,88	0,00	0,00	-3,56	3,55
09/04/2010 20:00	2,95	9,02	0,00	5,55	3,47
10/04/2010 20:00	3,52	9,02	0,27	4,56	4,19
11/04/2010 20:00	4,11	0,00	0,00	-3,45	3,46
12/04/2010 20:00	2,07	27,49	3,12	19,48	4,89
13/04/2010 20:00	0,84	0,49	2,96	-3,38	0,90
14/04/2010 20:00	1,31	0,00	2,88	-3,95	1,06
15/04/2010 20:00	2,28	0,00	0,77	-4,35	3,58
16/04/2010 20:00	1,96	9,13	0,77	8,13	0,23
17/04/2010 20:00	0,63	0,25	0,72	-2,64	2,17
18/04/2010 20:00	1,42	0,50	1,68	-4,62	3,44
19/04/2010 20:00	3,39	0,00	0,67	-4,52	3,85
20/04/2010 20:00	3,08	0,00	0,32	-1,30	0,98
21/04/2010 20:00	3,13	5,62	0,43	3,27	1,92
22/04/2010 20:00	1,32	1,51	0,00	-1,31	2,82
23/04/2010 20:00	2,48	3,47	0,83	-3,42	6,06
24/04/2010 20:00	3,6	0,00	0,00	-3,32	3,32
25/04/2010 20:00	2,79	0,00	0,00	-1,47	1,47
26/04/2010 20:00	3,87	4,60	0,26	-1,32	5,66
27/04/2010 20:00	3,89	0,00	0,00	-3,09	3,09
28/04/2010 20:00	3,96	5,32	0,05	2,21	3,06
29/04/2010 20:00	3,44	4,82	0,05	4,25	0,52
30/04/2010 20:00	1,7	2,79	0,05	0,07	2,66
TOTAL	81,2	104,1	16,5	0,21	87,4
Kc					1,1

Tabla B.3 Parcela 1 – BH - Mayo 2010

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/05/2010 20:00	1,52	0,00	2,03	-3,44	1,41
02/05/2010 20:00	3,04	25,99	0,00	25,27	0,73
03/05/2010 20:00	1,5	1,78	4,90	-4,74	1,62
04/05/2010 20:00	4,21	0,00	3,96	-6,10	2,14
05/05/2010 20:00	5,29	0,00	0,32	-5,04	4,72
06/05/2010 20:00	4,28	14,65	0,00	13,29	1,36
07/05/2010 20:00	1,74	2,30	2,99	-4,13	3,44
08/05/2010 20:00	3,78	0,51	1,28	-5,04	4,27
09/05/2010 20:00	2,97	0,00	0,27	-5,12	4,85
10/05/2010 20:00	3,58	5,23	0,27	0,61	4,35
11/05/2010 20:00	3,41	3,07	0,19	-1,62	4,50
12/05/2010 20:00	3,85	0,25	0,16	-3,30	3,39
13/05/2010 20:00	3,33	2,69	0,08	-0,19	2,80
14/05/2010 20:00	3,19	2,61	0,11	-2,32	4,82
15/05/2010 20:00	4,98	4,18	0,16	-1,14	5,16
16/05/2010 20:00	4,85	3,40	0,03	0,25	3,12
17/05/2010 20:00	4,29	4,49	0,03	0,30	4,17
18/05/2010 20:00	4,08	4,75	0,03	0,42	4,30
19/05/2010 20:00	4,28	3,77	0,03	-0,49	4,23
20/05/2010 20:00	4,38	6,32	0,03	0,59	5,70
21/05/2010 20:00	4,48	3,93	0,00	-0,82	4,75
22/05/2010 20:00	4,33	4,07	0,03	0,00	4,05
23/05/2010 20:00	3,58	3,59	0,03	-0,88	4,44
24/05/2010 20:00	4,32	3,51	0,03	-0,81	4,30
25/05/2010 20:00	3,96	3,49	0,00	-1,66	5,15
26/05/2010 20:00	4,6	5,15	0,03	1,17	3,95
27/05/2010 20:00	4,86	0,25	0,00	-4,28	4,53
28/05/2010 20:00	3,33	0,51	0,00	-3,29	3,80
29/05/2010 20:00	4,72	5,74	0,00	2,30	3,44
30/05/2010 20:00	5,07	5,37	0,03	1,59	3,76
31/05/2010 20:00	5,07	5,31	0,00	1,62	3,69
TOTAL	120,87	126,93	17,0	-7,01	113,27
Kc					0,9

Tabla B.4 Parcela 1 – BH - Junio 2010

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/06/2010 20:00	4,87	6,79	0,03	2,76	4,00
02/06/2010 20:00	3,7	6,02	0,00	0,81	5,21
03/06/2010 20:00	3,54	5,27	0,00	-0,07	5,34
04/06/2010 20:00	4,65	5,28	0,00	0,00	5,28
05/06/2010 20:00	4,54	10,09	0,00	7,62	2,48
06/06/2010 20:00	1,65	0,25	0,05	-2,88	3,08
07/06/2010 20:00	3,98	8,32	0,11	3,46	4,76
08/06/2010 20:00	4,07	12,52	0,40	10,43	1,69
09/06/2010 20:00	2,35	9,38	3,74	-1,36	7,01
10/06/2010 20:00	5,23	5,05	2,54	-2,23	4,74
11/06/2010 20:00	4,28	2,65	0,75	-4,85	6,75
12/06/2010 20:00	4,02	0,00	0,27	-6,94	6,67
13/06/2010 20:00	4,86	2,58	0,11	0,39	2,09
14/06/2010 20:00	2,36	21,89	2,96	16,31	2,62
15/06/2010 20:00	4,46	3,57	2,83	-6,36	7,10
16/06/2010 20:00	4,3	0,00	0,80	-5,60	4,80
17/06/2010 20:00	3,94	4,86	0,00	2,93	1,93
18/06/2010 20:00	3,67	2,57	0,24	-1,51	3,84
19/06/2010 20:00	3,58	3,59	0,13	-3,49	6,95
20/06/2010 20:00	7,3	4,02	0,00	-3,63	7,65
21/06/2010 20:00	6,38	4,02	0,08	-1,15	5,09
22/06/2010 20:00	4,57	5,00	0,03	0,00	4,97
23/06/2010 20:00	4,33	6,09	0,03	1,40	4,66
24/06/2010 20:00	4,65	7,46	0,03	3,71	3,72
25/06/2010 20:00	4,6	4,94	0,00	-1,45	6,38
26/06/2010 20:00	4,5	5,03	0,00	-1,17	6,20
27/06/2010 20:00	5,19	5,15	0,00	-0,26	5,41
28/06/2010 20:00	4,07	6,17	0,00	1,10	5,07
29/06/2010 20:00	4,75	6,10	0,03	0,85	5,22
30/06/2010 20:00	5,18	8,04	0,00	2,66	5,38
TOTAL	129,57	172,69	15,1	11,48	146,07
Kc					1,1

Tabla B.5 Parcela 1 – BH - Julio 2010

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/07/2010 20:00	4,21	9,04	0,19	3,83	5,02
02/07/2010 20:00	4,53	11,17	0,27	5,20	5,71
03/07/2010 20:00	4,37	7,18	2,46	-1,23	5,96
04/07/2010 20:00	3,86	7,43	0,19	-1,63	8,87
05/07/2010 20:00	5,08	9,31	1,79	-0,06	7,58
06/07/2010 20:00	5,1	11,77	0,67	2,21	8,89
07/07/2010 20:00	5,12	14,01	3,12	4,23	6,65
08/07/2010 20:00	4,94	21,54	10,04	-1,68	13,18
09/07/2010 20:00	5,12	13,92	3,68	-0,60	10,83
10/07/2010 20:00	5,21	13,92	3,68	0,30	9,93
11/07/2010 20:00	5,18	9,31	3,12	-0,95	7,14
12/07/2010 20:00	4,82	9,31	1,41	-0,65	8,55
13/07/2010 20:00	4,9	9,31	2,91	-0,65	7,05
14/07/2010 20:00	4,98	6,99	1,33	-1,87	7,52
15/07/2010 20:00	4,2	6,89	0,67	-0,23	6,45
16/07/2010 20:00	4,24	6,86	0,53	-1,27	7,60
17/07/2010 20:00	4,89	6,86	0,53	-0,57	6,90
18/07/2010 20:00	2,87	6,83	0,21	1,55	5,07
19/07/2010 20:00	4,18	6,79	0,21	-1,26	7,84
20/07/2010 20:00	4,64	6,95	0,44	-0,63	7,14
21/07/2010 20:00	4,13	7,98	0,45	0,63	6,90
22/07/2010 20:00	4,32	7,95	0,80	0,00	7,15
23/07/2010 20:00	4,38	7,88	1,15	0,00	6,73
24/07/2010 20:00	4,77	9,26	0,21	0,92	8,13
25/07/2010 20:00	4,53	9,11	0,64	-0,63	9,10
26/07/2010 20:00	6,07	9,02	1,84	0,63	6,55
27/07/2010 20:00	4,55	8,98	0,21	0,00	8,77
28/07/2010 20:00	4,66	8,89	0,45	0,92	7,52
29/07/2010 20:00	4,26	9,94	1,36	1,22	7,35
30/07/2010 20:00	4,48	8,81	1,52	1,00	6,29
31/07/2010 20:00	2,68	8,95	2,11	1,24	5,60
TOTAL	141,27	292,16	48,23	9,98	233,95
Kc					1,7

Tabla B.6 Parcela 1 – BH - Agosto 2010

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/08/2010 20:00	4,08	7,87	2,94	-0,95	5,89
02/08/2010 20:00	4,25	7,80	1,33	0,35	6,11
03/08/2010 20:00	3,88	7,82	1,55	0,30	5,98
04/08/2010 20:00	4,72	7,86	1,66	-2,23	8,44
05/08/2010 20:00	5,44	7,91	1,33	0,35	6,22
06/08/2010 20:00	5,19	8,99	1,33	0,00	7,66
07/08/2010 20:00	4,95	7,89	1,71	0,65	5,54
08/08/2010 20:00	3,95	8,17	0,99	-	-
09/08/2010 20:00	4,73	5,04	1,07	-	-
10/08/2010 20:00	3,7	8,07	1,71	-	-
11/08/2010 20:00	4,45	5,86	1,28	-	-
12/08/2010 20:00	3,77	3,07	0,24	-	-
13/08/2010 20:00	1,9	10,44	0,15	-	-
14/08/2010 20:00	4,9	0,00	0,15	-	-
15/08/2010 20:00	3,21	1,27	0,53	-	-
16/08/2010 20:00	3,84	4,69	0,27	-	-
17/08/2010 20:00	3,63	7,16	0,73	-	-
18/08/2010 20:00	4,39	26,19	0,59	-	-
19/08/2010 20:00	2,55	0,00	7,37	-	-
20/08/2010 20:00	4,21	0,00	1,60	-	-
21/08/2010 20:00	4,55	4,65	0,24	-	-
22/08/2010 20:00	4,46	4,60	0,19	-	-
23/08/2010 20:00	4,5	5,44	0,29	-	-
24/08/2010 20:00	4,26	5,49	0,64	-	-
25/08/2010 20:00	4,33	5,45	0,19	-	-
26/08/2010 20:00	4,41	5,43	0,91	-	-
27/08/2010 20:00	4,87	5,47	0,72	-	-
28/08/2010 20:00	5,27	5,44	0,51	-	-
29/08/2010 20:00	2,84	5,40	0,51	-	-
30/08/2010 20:00	3,72	5,40	0,53	-	-
31/08/2010 20:00	3,06	5,48	0,64	-	-
TOTAL	128,01	194,38	33,89	F,D	FALTAN DATOS
DATOS EXISTENTES	32,51				45,84
Kc					1,41

Tabla B.7 Parcela 1 – BH - Septiembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
10/09/2010 20:00	4,32	4,48	0,32	-0,28	4,43
11/09/2010 20:00	3,14	4,54	0,40	0,00	4,14
12/09/2010 20:00	3,34	4,54	0,24	0,00	4,30
13/09/2010 20:00	3,32	4,58	0,67	-0,35	4,26
14/09/2010 20:00	3,13	4,57	0,48	0,62	3,47
15/09/2010 20:00	3,12	4,58	0,91	2,53	1,14
16/09/2010 20:00	1,61	3,04	0,00	-0,46	3,50
17/09/2010 13:00	1,85	14,22	5,77	5,82	2,63
18/09/2010 16:00	2,03	0,00	0,00	-0,74	0,74
19/09/2010 20:00	2,63	4,82	1,55	0,52	2,75
20/09/2010 12:00	1,05	0,25	0,00	-2,06	2,31
21/09/2010 12:00	2,89	0,00	0,00	-3,08	3,08
22/09/2010 10:00	2,54	5,15	0,49	1,57	3,09
23/09/2010 10:00	1,62	0,00	0,08	-3,40	3,32
24/09/2010 10:00	4,16	5,63	0,27	-0,88	6,23
25/09/2010 14:00	4,57	0,00	0,00	-6,83	6,83
26/09/2010 16:00	4,31	4,95	0,11	2,95	1,90
27/09/2010 18:00	2,11	0,00	0,00	-1,35	1,35
28/09/2010 20:00	2,11	2,66	0,08	-1,11	3,69
29/09/2010 20:00	2,73	0,00	0,00	-2,75	2,75
30/09/2010 20:00	2,56	0,00	0,00	-1,49	1,49
TOTAL	59,14	68,00	11,36	-10,76	67,40
Kc					1,1

Tabla B.8 Parcela 1 – BH - Octubre 2010

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/10/2010 20:00	1,93	10,41	0,16	10,00	0,25
02/10/2010 20:00	2,23	4,99	0,19	2,44	2,36
03/10/2010 20:00	2,43	0,00	0,16	-5,09	4,93
04/10/2010 20:00	4,33	3,45	0,21	0,00	3,24
05/10/2010 20:00	3,09	0,00	0,00	-1,49	1,48
06/10/2010 20:00	2,39	10,28	0,94	5,32	4,02
07/10/2010 20:00	2,59	0,00	0,00	-1,65	1,64
08/10/2010 20:00	2,16	15,19	6,91	6,42	1,85
09/10/2010 20:00	2,13	22,34	9,05	7,26	6,03
10/10/2010 20:00	1,8	0,00	0,00	-3,71	3,71
11/10/2010 20:00	1,87	34,68	23,52	5,09	6,07
12/10/2010 13:00	0,98	12,23	2,84	2,38	7,00
13/10/2010 14:00	2,79	0,25	0,00	-3,82	4,07
14/10/2010 20:00	1,9	0,00	0,00	-4,77	4,77
15/10/2010 20:00	2,07	0,00	0,00	-3,39	3,38
16/10/2010 20:00	2,53	0,00	0,00	-2,94	2,94
17/10/2010 20:00	2,57	5,22	0,19	2,27	2,76
18/10/2010 20:00	3,68	0,00	0,00	-2,09	2,09
19/10/2010 20:00	3,11	5,22	0,05	1,27	3,89
20/10/2010 20:00	1,94	0,00	0,03	-2,18	2,15
21/10/2010 20:00	1,94	3,61	0,03		
22/10/2010 20:00	1,65	3,61	0,03		
23/10/2010 20:00	1,8	0,00	0,08		
24/10/2010 20:00	1,83	0,00	0,08		
25/10/2010 20:00	3,62	3,45	0,27	1,84	1,35
26/10/2010 20:00	2,56	3,45	0,27	1,78	1,41
27/10/2010 20:00	2,15	0,00	0,03	-2,13	2,10
28/10/2010 20:00	1,6	3,55	0,00	2,76	0,79
29/10/2010 20:00	1,13	3,55	0,00	2,18	1,37
30/10/2010 20:00	1,93	4,81	0,16	3,15	1,50
31/10/2010 20:00	1,75	4,06	0,13	0,94	2,99
TOTAL	70,48	154,33	45,33	21,85	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	63,26				80,15
Kc					1,3

Tabla B.9 Parcela 1 – BH – Noviembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/11/2010 20:00	1,93	0,00	0,21	-4,45	4,24
02/11/2010 20:00	2,23	0,00	0,00	-2,53	2,53
03/11/2010 20:00	2,43	0,00	0,00	-2,57	2,57
04/11/2010 20:00	4,33	4,91	0,00	4,19	0,72
TOTAL	10,92	4,91	0,21	-5,36	10,06
Kc					0,9

Tabla B.10 Parcela 1 –BH – Febrero 2011

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/02/2011 20:00	2,9	0,00	0,11	-1,73	1,62
02/02/2011 20:00	3,65	0,00	0,11	-4,05	3,94
03/02/2011 20:00	2,62	0,00	0,00	-2,52	2,52
04/02/2011 20:00	1,79	0,00	0,00	-1,83	1,83
05/02/2011 20:00	1,43	5,93	0,45	4,80	0,68
06/02/2011 20:00	1,81	5,88	0,32	3,83	1,73
07/02/2011 20:00	1,41	0,00	0,08	-2,22	2,14
08/02/2011 20:00	1,08	5,88	1,04	3,87	0,97
09/02/2011 20:00	1,12	0,00	0,27	-2,62	2,36
10/02/2011 20:00	1,16	7,26	1,71	4,52	1,03
11/02/2011 20:00	1,11	0,00	0,80	-2,96	2,16
12/02/2011 20:00	1,41	0,00	0,11	-2,31	2,21
13/02/2011 20:00	1,71	1,77	0,11	-0,96	2,62
14/02/2011 20:00	1,65	3,81	0,19	2,97	0,65
15/02/2011 20:00	0,86	0,00	0,19	-1,93	1,75
16/02/2011 20:00	1,08	0,00	0,35	-2,28	1,93
17/02/2011 20:00	1,13	0,00	0,32	-3,80	3,48
18/02/2011 20:00	3,18	0,00	0,00	-1,82	1,82
19/02/2011 20:00	1,44	0,00	0,00	-2,14	2,14
20/02/2011 20:00	1,72	0,00	0,00	-0,65	0,65
21/02/2011 20:00	2,91	7,25	0,13	4,96	2,15
22/02/2011 20:00	3,33	7,16	0,27	2,60	4,29
23/02/2011 20:00	3,19	0,00	0,13	-2,59	2,45
24/02/2011 20:00	1,87	0,00	0,13	-2,73	2,59
25/02/2011 20:00	1,88	0,00	0,11	-1,52	1,41
26/02/2011 20:00	1,99	0,00	0,08	-2,37	2,29
27/02/2011 20:00	2,96	0,00	0,00	-2,58	2,58
28/02/2011 20:00	2,41	0,00	0,00	-3,09	3,09
TOTAL	54,80	44,95	6,99	-21,14	59,09
Kc					1,1

Tabla B.11 Parcela 1 –BH – Marzo 2011

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/03/2011 20:00	3,45	0,00	0,13	-2,20	2,07
02/03/2011 20:00	2,64	0,00	0,03	-1,18	1,15
03/03/2011 20:00	1,51	2,53	0,00	1,66	0,87
04/03/2011 20:00	1,18	11,51	0,29	10,90	0,31
05/03/2011 20:00	1,66	0,00	0,08	-2,81	2,73
06/03/2011 20:00	1,85	0,00	0,13	-2,33	2,20
07/03/2011 20:00	1,76	0,25	0,00	-1,58	1,83
08/03/2011 20:00	1,3	0,00	0,00	-1,22	1,22
09/03/2011 20:00	0,86	0,00	0,00	-2,15	2,15
10/03/2011 20:00	1,82	3,30	0,00		
11/03/2011 20:00	1	47,58	21,15		
12/03/2011 20:00	1,28	0,25	0,00		
13/03/2011 20:00	2,25	1,01	0,00	-1,01	2,03
14/03/2011 20:00	0,72	2,27	0,00	-0,31	2,59
15/03/2011 20:00	1,36	2,02	0,80	0,07	1,15
16/03/2011 20:00	2,35	0,00	0,40	-3,99	3,59
17/03/2011 20:00	3,06	0,00	0,13	-3,03	2,90
18/03/2011 20:00	4,31	0,00	0,13	-2,76	2,63
19/03/2011 20:00	2,43	0,00	0,08	-2,62	2,54
20/03/2011 20:00	2,74	6,95	0,05		
21/03/2011 20:00	2,05	2,06	0,00		
22/03/2011 20:00	1,69	23,97	9,08	13,67	1,23
23/03/2011 20:00	0,79	0,50	1,00	-2,81	2,31
24/03/2011 20:00	1,26	0,00	2,39	-3,37	0,98
25/03/2011 20:00	1,92	0,00	0,53	-3,29	2,76
26/03/2011 20:00	2,12	0,00	0,00	-3,22	3,22
27/03/2011 20:00	2,46	0,00	0,00	-3,70	3,70
28/03/2011 20:00	2,7	7,15	0,37	3,49	3,29
29/03/2011 20:00	2,93	0,00	0,11	-4,12	4,01
30/03/2011 20:00	2,95	7,14	0,13	3,47	3,54
31/03/2011 20:00	2,93	0,00	0,11	-4,10	3,99
TOTAL	63,33	118,50	37,14	-18,54	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	54,44				60,97
Kc					1,1

Tabla B.12 Parcela 1 –BH – Abril 2011

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/04/2011 20:00	3,05	7,16	0,13	4,10	2,93
02/04/2011 20:00	2,68	0,00	0,09		
03/04/2011 20:00	1,85	7,15	0,08		
04/04/2011 20:00	2,62	0,00	0,13		
05/04/2011 20:00	3,01	7,09	0,13	2,82	4,13
06/04/2011 20:00	3,18	0,00	0,13	-4,07	3,94
07/04/2011 20:00	3,24	7,42	0,08	3,15	4,19
08/04/2011 20:00	3,55	0,00	0,13	-4,93	4,79
09/04/2011 20:00	4,04	0,00	0,00	-3,48	3,48
10/04/2011 20:00	3,12	7,46	0,05	4,44	2,97
11/04/2011 20:00	4,6	0,00	0,00	-3,84	3,84
12/04/2011 20:00	4,67	12,28	0,05	7,88	4,34
13/04/2011 20:00	3,48	9,52	0,00	5,97	3,56
14/04/2011 20:00	3	10,68	4,96	1,30	4,42
15/04/2011 20:00	3,05	0,00	0,00	-4,26	4,26
16/04/2011 20:00	1,83	0,00	0,00	-3,78	3,78
17/04/2011 20:00	3,13	9,42	0,05	4,51	4,86
18/04/2011 20:00	3,21	11,11	1,71	3,54	5,86
19/04/2011 20:00	2,98	9,08	1,71	3,30	4,07
20/04/2011 20:00	2,63	0,25	0,37		
21/04/2011 20:00	1,14	35,63	16,07		
22/04/2011 20:00	2,08	0,00	2,78	-7,09	4,31
23/04/2011 20:00	2,68	0,25	0,00	-2,52	2,77
24/04/2011 20:00	2,22	2,02	0,21	-1,61	3,41
25/04/2011 20:00	1,82	0,00	0,11	-4,99	4,88
26/04/2011 20:00	4,21	0,00	0,05	-4,87	4,81
27/04/2011 20:00	4,51	5,60	0,00	3,38	2,22
28/04/2011 20:00	2,27	0,50	0,21	-0,86	1,14
29/04/2011 20:00	2,24	0,00	0,08	-4,18	4,10
30/04/2011 20:00	3,65	0,00	0,00	-3,70	3,70
TOTAL	89,74	142,61	29,35	-9,79	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	78,82				96,77
Kc					1,2

Tabla B.13 Parcela 1 –BH – Mayo 2011

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/05/2011 20:00	3,02	0,25	0,00	-3,56	3,81
02/05/2011 20:00	3	0,50	0,00	-2,46	2,96
03/05/2011 20:00	2,41	11,24	0,00	4,69	6,55
04/05/2011 20:00	4,88	9,35	0,05	4,67	4,63
05/05/2011 20:00	3,8	0,00	0,05	-5,34	5,29
06/05/2011 20:00	3,88	13,71	0,00	9,86	3,85
07/05/2011 20:00	1,29	1,80	0,16	-2,66	4,30
08/05/2011 20:00	4,27	0,00	0,03	-5,92	5,89
09/05/2011 20:00	4,17	9,02	0,13	4,70	4,18
10/05/2011 20:00	2,7	9,02	1,71	1,22	6,09
11/05/2011 20:00	4,1	0,00	0,45	-5,92	5,46
12/05/2011 20:00	3,73	15,48	0,51	8,42	6,56
13/05/2011 20:00	3,33	0,00	0,29	-4,24	3,95
14/05/2011 20:00	3,54	7,15	0,16	1,79	5,20
15/05/2011 20:00	5,27	0,00	0,05	-5,95	5,90
16/05/2011 20:00	3,86	0,00	0,00	-4,27	4,27
17/05/2011 20:00	3,93	0,00	0,00	-2,68	2,68
18/05/2011 20:00	2,61	22,07	0,08		
19/05/2011 20:00	2,34	0,00	0,00		
20/05/2011 20:00	5,15	0,00	0,00	-5,13	5,13
21/05/2011 20:00	4,48	0,00	0,00	-3,84	3,84
22/05/2011 20:00	4,4	0,00	0,00	-3,67	3,67
23/05/2011 20:00	4,58	11,23	0,03	6,74	4,47
24/05/2011 20:00	4,68	10,43	0,00	5,00	5,43
25/05/2011 20:00	5,21	0,00	0,00		
26/05/2011 20:00	5,06	1,81	0,00		
27/05/2011 20:00	5,42	12,21	0,00		
28/05/2011 20:00	2,39	0,00	0,00	-2,88	2,88
29/05/2011 20:00	2,46	0,00	0,00	-1,44	1,44
30/05/2011 20:00	3,07	13,28	0,03	8,34	4,91
31/05/2011 20:00	3,08	0,00	0,00	-1,61	1,61
TOTAL	116,11	148,55	3,74	-6,15	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	95,47				114,96
Kc					1,2

Tabla B.14 Parcela 1 –BH – Junio 2011

Fecha	ETo	Parcela 1			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/06/2011 20:00	5,13	10,89	0,13	5,03	5,73
02/06/2011 20:00	5,35	13,44	0,13	4,74	8,56
03/06/2011 20:00	3,9	13,97	5,10	6,27	2,60
04/06/2011 20:00	2,66	0,00	0,00	-6,56	6,56
05/06/2011 20:00	2,39	0,00	0,00	-4,05	4,05
TOTAL	19,43	38,30	5,37	5,44	27,50
Kc					1,4

Tabla B.15 Parcela 2 –BH - Marzo 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/03/2010 20:00	2,36	0,00	0,86	-1,55	0,69
02/03/2010 20:00	2,37	15,32	1,11	11,93	2,28
03/03/2010 20:00	1,39	0,00	0,00	-1,04	1,04
04/03/2010 20:00	2,37	9,68	5,83	1,57	2,27
05/03/2010 20:00	1,92	6,35	3,88	-1,08	3,55
06/03/2010 20:00	1,84	0,00	0,00	-3,37	3,37
07/03/2010 20:00	0,99	9,19	2,61	4,75	1,83
08/03/2010 20:00	2,52	0,00	2,37	-4,82	2,45
09/03/2010 20:00	3,23	0,00	0,75		
10/03/2010 20:00	1,6	6,62	3,97		
11/03/2010 20:00	2,14	0,00	0,00	-1,83	1,82
12/03/2010 20:00	0,98	0,00	0,00	-1,25	1,25
13/03/2010 20:00	2,84	6,59	1,06	0,63	4,91
14/03/2010 20:00	2,8	0,00	0,00	-2,33	2,33
15/03/2010 20:00	2,44	0,00	0,00	-0,66	0,67
16/03/2010 20:00	2,13	9,52	4,31	2,63	2,57
17/03/2010 20:00	2,17	0,00	0,00	-2,15	2,14
18/03/2010 20:00	1,58	0,25	0,00	-0,28	0,54
19/03/2010 20:00	1,02	9,62	6,82	2,53	0,27
20/03/2010 20:00	1,5	2,03	1,68	-0,21	0,56
21/03/2010 20:00	1,94	4,75	1,11	2,95	0,69
22/03/2010 20:00	1,82	0,00	1,00	-2,15	1,15
23/03/2010 20:00	1,47	0,00	1,00	-1,92	0,91
24/03/2010 20:00	0,91	0,00	0,00	-2,57	2,57
25/03/2010 20:00	1,62	6,42	3,30	1,89	1,23
26/03/2010 20:00	4,59	0,00	0,00	-4,10	4,10
27/03/2010 20:00	2,86	6,36	1,65	1,67	3,04
28/03/2010 20:00	2,63	0,00	0,05	-0,84	0,79
29/03/2010 20:00	2,69	6,46	0,00	3,94	2,52
30/03/2010 20:00	5,47	12,81	5,93	1,33	5,55
31/03/2010 20:00	3,06	0,00	0,00	-4,60	4,60
TOTAL	69,3	112,0	49,3	-0,92	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	64,4				61,7
Kc					1,0

Tabla B.16 Parcela 2 –BH - Abril 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/04/2010 20:00	3,43	0,00	0,08	-2,11	2,03
02/04/2010 20:00	2,64	0,00	0,00	-1,43	1,43
03/04/2010 20:00	2,61	3,93	0,11	-0,39	4,22
04/04/2010 20:00	4,05	2,61	0,05	0,00	2,56
05/04/2010 20:00	3,28	0,00	0,03	-1,69	1,66
06/04/2010 20:00	2,64	6,43	0,83	2,46	3,14
07/04/2010 20:00	1,88	9,54	3,17	4,05	2,33
08/04/2010 20:00	2,88	0,00	0,00	-2,37	2,37
09/04/2010 20:00	2,95	9,63	2,29	4,06	3,28
10/04/2010 20:00	3,52	9,63	3,52	1,74	4,36
11/04/2010 20:00	4,11	0,00	0,00	-2,42	2,41
12/04/2010 20:00	2,07	27,49	6,55	17,39	3,54
13/04/2010 20:00	0,84	0,49	0,96	-4,69	4,23
14/04/2010 20:00	1,31	0,00	0,00	-3,35	3,35
15/04/2010 20:00	2,28	0,00	0,00	-3,77	3,77
16/04/2010 20:00	1,96	9,13	1,70	4,25	3,18
17/04/2010 20:00	0,63	0,25	0,32	-2,72	2,65
18/04/2010 20:00	1,42	0,50	1,22	-3,60	2,87
19/04/2010 20:00	3,39	0,00	0,56	-1,71	1,15
20/04/2010 20:00	3,08	0,00	0,00	-0,86	0,86
21/04/2010 20:00	3,13	5,62	1,92	1,65	2,05
22/04/2010 20:00	1,32	1,51	0,00	0,15	1,36
23/04/2010 20:00	2,48	4,19	3,04	-2,30	3,45
24/04/2010 20:00	3,6	0,00	0,00	-2,60	2,60
25/04/2010 20:00	2,79	0,00	0,00	-0,50	0,51
26/04/2010 20:00	3,87	5,04	1,57	0,57	2,90
27/04/2010 20:00	3,89	0,00	0,00	-3,76	3,76
28/04/2010 20:00	3,96	6,98	0,00	1,49	5,49
29/04/2010 20:00	3,44	7,12	0,00	2,58	4,54
30/04/2010 20:00	1,7	2,79	0,00	-0,98	3,77
TOTAL	81,2	112,9	27,9	-0,8	85,8
Kc					1,1

Tabla B.17 Parcela 2 –BH - Mayo 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/05/2010 20:00	1,52	0,00	0,00	-1,89	1,89
02/05/2010 20:00	3,04	25,99	8,99	13,73	3,27
03/05/2010 20:00	1,5	1,78	0,32	-2,62	4,08
04/05/2010 20:00	4,21	0,00	0,00	-3,15	3,14
05/05/2010 20:00	5,29	0,00	0,00	-3,76	3,76
06/05/2010 20:00	4,28	16,60	6,22	4,60	5,78
07/05/2010 20:00	1,74	2,30	0,00	-0,71	3,00
08/05/2010 20:00	3,78	0,51	0,00	-2,76	3,26
09/05/2010 20:00	2,97	0,00	0,00	-2,25	2,24
10/05/2010 20:00	3,58	6,89	1,62	1,21	4,06
11/05/2010 20:00	3,41	3,07	0,48	-0,76	3,34
12/05/2010 20:00	3,85	0,25	0,00	-1,21	1,46
13/05/2010 20:00	3,33	3,51	0,40	-0,03	3,14
14/05/2010 20:00	3,19	3,23	0,60	0,11	2,52
15/05/2010 20:00	4,98	5,16	0,51	-0,21	4,87
16/05/2010 20:00	4,85	5,44	0,59	0,42	4,43
17/05/2010 20:00	4,29	6,34	0,98	0,95	4,41
18/05/2010 20:00	4,08	6,82	1,41	0,73	4,67
19/05/2010 20:00	4,28	4,32	0,00	0,21	4,11
20/05/2010 20:00	4,38	8,32	2,61	0,10	5,61
21/05/2010 20:00	4,48	5,39	1,06	-0,42	4,74
22/05/2010 20:00	4,33	5,61	0,86	-0,10	4,85
23/05/2010 20:00	3,58	5,14	1,36	0,00	3,79
24/05/2010 20:00	4,32	5,12	0,98	-0,31	4,45
25/05/2010 20:00	3,96	5,11	1,04	0,00	4,07
26/05/2010 20:00	4,6	5,19	1,12	-0,42	4,49
27/05/2010 20:00	4,86	0,25	0,00	-2,16	2,41
28/05/2010 20:00	3,33	0,51	0,00	-1,64	2,15
29/05/2010 20:00	4,72	6,43	0,35	2,00	4,08
30/05/2010 20:00	5,07	6,14	0,56	0,42	5,16
31/05/2010 20:00	5,07	6,32	0,93	0,32	5,07
TOTAL	120,87	151,74	33,0	0,42	113,25
Kc					0,9

Tabla B.18 Parcela 2 –BH - Junio 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/06/2010 20:00	4,87	8,66	1,49	1,89	5,28
02/06/2010 20:00	3,7	9,95	2,53	1,86	5,56
03/06/2010 20:00	3,54	8,94	3,59	0,82	4,53
04/06/2010 20:00	4,65	9,00	2,37	0,51	6,12
05/06/2010 20:00	4,54	13,84	3,91	3,90	6,03
06/06/2010 20:00	1,65	0,25	0,37	-3,90	3,78
07/06/2010 20:00	3,98	13,93	3,11	2,81	8,00
08/06/2010 20:00	4,07	18,18	4,59	4,67	8,91
09/06/2010 20:00	2,35	9,38	6,44	-2,70	5,64
10/06/2010 20:00	5,23	9,07	3,11	-0,98	6,94
11/06/2010 20:00	4,28	4,41	3,51	-2,39	3,29
12/06/2010 20:00	4,02	0,00	0,00	-3,26	3,26
13/06/2010 20:00	4,86	4,59	0,00	-0,21	4,79
14/06/2010 20:00	2,36	21,89	9,29	6,05	6,55
15/06/2010 20:00	4,46	3,57	1,06	-2,18	4,69
16/06/2010 20:00	4,3	0,00	0,00	-4,23	4,23
17/06/2010 20:00	3,94	8,07	1,68	2,72	3,68
18/06/2010 20:00	3,67	4,47	2,16	-0,41	2,72
19/06/2010 20:00	3,58	6,36	1,81	-0,61	5,16
20/06/2010 20:00	7,3	5,44	1,14	-1,03	5,32
21/06/2010 20:00	6,38	7,04	2,00	0,41	4,63
22/06/2010 20:00	4,57	7,14	2,55	0,61	3,97
23/06/2010 20:00	4,33	5,44	2,45	-0,41	3,40
24/06/2010 20:00	4,65	5,26	2,29	-0,10	3,07
25/06/2010 20:00	4,6	5,32	2,66	-0,10	2,76
26/06/2010 20:00	4,5	5,32	0,11	0,00	5,22
27/06/2010 20:00	5,19	8,88	1,70	1,33	5,85
28/06/2010 20:00	4,07	8,68	3,91	1,11	3,65
29/06/2010 20:00	4,75	6,94	3,38	0,10	3,46
30/06/2010 20:00	5,18	6,97	3,11	-0,10	3,96
TOTAL	129,57	226,98	76,3	6,19	144,45
Kc					1,1

Tabla B.19 Parcela 2 –BH - Julio 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/07/2010 20:00	4,21	10,42	3,65	2,19	4,58
02/07/2010 20:00	4,53	11,09	5,51	1,57	4,01
03/07/2010 20:00	4,37	8,65	3,38	-0,78	6,05
04/07/2010 20:00	3,86	8,64	3,38	-0,59	5,85
05/07/2010 20:00	5,08	12,16	3,67	0,69	7,80
06/07/2010 20:00	5,1	15,62	7,78	1,37	6,48
07/07/2010 20:00	5,12	15,39	4,49	4,75	6,14
08/07/2010 20:00	4,94	27,17	18,23	-2,92	11,86
09/07/2010 20:00	5,12	15,62	5,08	-0,96	11,50
10/07/2010 20:00	5,21	15,62	5,08	0,29	10,25
11/07/2010 20:00	5,18	11,97	6,31	-0,87	6,53
12/07/2010 20:00	4,82	10,31	5,85	-0,87	5,34
13/07/2010 20:00	4,9	10,31	5,60	-0,49	5,20
14/07/2010 20:00	4,98	8,64	3,78	-1,08	5,94
15/07/2010 20:00	4,2	8,49	3,51	-0,40	5,37
16/07/2010 20:00	4,24	8,45	1,89	-0,70	7,26
17/07/2010 20:00	4,89	8,45	1,89	0,20	6,37
18/07/2010 20:00	2,87	8,42	3,11	0,40	4,91
19/07/2010 20:00	4,18	8,46	3,11	-0,10	5,45
20/07/2010 20:00	4,64	10,51	3,11	0,69	6,71
21/07/2010 20:00	4,13	12,25	3,91	0,88	7,46
22/07/2010 20:00	4,32	10,50	3,11	-0,49	7,87
23/07/2010 20:00	4,38	10,37	3,65	0,00	6,72
24/07/2010 20:00	4,77	12,26	3,70	0,69	7,87
25/07/2010 20:00	4,53	8,71	3,83	-1,58	6,46
26/07/2010 20:00	6,07	10,45	3,65	0,40	6,41
27/07/2010 20:00	4,55	12,98	5,83	0,89	6,27
28/07/2010 20:00	4,66	11,79	6,15	0,59	5,06
29/07/2010 20:00	4,26	12,26	6,68	0,58	5,00
30/07/2010 20:00	4,48	10,42	6,33	0,10	3,99
31/07/2010 20:00	2,68	10,62	6,60	0,68	3,34
TOTAL	141,27	357,03	151,86	5,12	200,05
Kc					1,4

Tabla B.20 Parcela 2 –BH - Agosto 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/08/2010 20:00	4,08	8,87	5,40	-1,26	4,72
02/08/2010 20:00	4,25	8,77	4,26	0,19	4,32
03/08/2010 20:00	3,88	8,86	4,82	-0,29	4,34
04/08/2010 20:00	4,72	10,60	3,25	1,00	6,35
05/08/2010 20:00	5,44	10,71	4,82	0,19	5,70
06/08/2010 20:00	5,19	10,90	6,28	-1,00	5,62
07/08/2010 20:00	4,95	9,06	3,38	-0,68	6,37
08/08/2010 20:00	3,95	9,21	3,38	0,59	5,24
09/08/2010 20:00	4,73	7,22	4,22	-1,78	4,78
10/08/2010 20:00	3,7	12,89	5,93	2,84	4,11
11/08/2010 20:00	4,45	11,16	5,95	0,96	4,25
12/08/2010 20:00	3,77	3,07	2,10	-2,62	3,58
13/08/2010 20:00	1,9	10,44	4,72	1,39	4,33
14/08/2010 20:00	4,9	0,00	0,00	-5,17	5,18
15/08/2010 20:00	3,21	1,27	0,00	-1,63	2,90
16/08/2010 20:00	3,84	9,16	3,25	2,74	3,18
17/08/2010 20:00	3,63	12,89	3,38	4,77	4,74
18/08/2010 20:00	4,39	26,19	14,16	7,39	4,65
19/08/2010 20:00	2,55	0,00	1,97	-7,25	5,28
20/08/2010 20:00	4,21	0,00	0,00	-4,81	4,81
21/08/2010 20:00	4,55	9,08	3,38	1,00	4,70
22/08/2010 20:00	4,46	9,03	3,65	1,28	4,10
23/08/2010 20:00	4,5	10,73	3,78	0,88	6,07
24/08/2010 20:00	4,26	10,96	3,86	0,78	6,32
25/08/2010 20:00	4,33	11,07	3,38	1,35	6,34
26/08/2010 20:00	4,41	11,78	4,18	0,38	7,22
27/08/2010 20:00	4,87	11,76	3,91	-1,05	8,90
28/08/2010 20:00	5,27	11,65	3,25	0,58	7,83
29/08/2010 20:00	2,84	11,63	3,65	-0,10	8,08
30/08/2010 20:00	3,72	11,63	3,65	0,19	7,79
31/08/2010 20:00	3,06	11,91	4,52	1,05	6,34
TOTAL	128,01	292,50	122,45	1,91	168,14
Kc					1,3

Tabla B.21 Parcela 2 –BH - Septiembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/09/2010 20:00	2,42	10,26	3,65	0,94	5,67
02/09/2010 20:00	2,15	0,00	2,02	-5,78	3,76
03/09/2010 20:00	3,75	8,00	3,11	0,10	4,78
04/09/2010 20:00	3,58	8,00	3,38	0,30	4,32
05/09/2010 20:00	3,65	8,13	3,11	0,10	4,92
06/09/2010 20:00	3,42	9,52	1,70	1,80	6,02
07/09/2010 20:00	4,29	17,09	7,43	3,76	5,90
08/09/2010 20:00	4,95	21,32	10,65	2,95	7,72
09/09/2010 20:00	3,83	0,00	0,00	-3,41	3,40
10/09/2010 20:00	4,32	0,00	0,00	-3,20	3,20
11/09/2010 20:00	3,14	0,00	0,00	-1,44	1,44
12/09/2010 20:00	3,34	0,00	0,00	-0,29	0,30
13/09/2010 20:00	3,32	0,00	0,00	-1,34	1,35
14/09/2010 20:00	3,13	0,00	0,00	-0,52	0,53
15/09/2010 20:00	3,12	0,00	0,00	-0,50	0,50
16/09/2010 20:00	1,61	9,54	5,33	0,52	3,69
17/09/2010 13:00	1,85	14,22	3,00	7,46	3,76
18/09/2010 16:00	2,03	0,00	0,00	-2,57	2,57
19/09/2010 20:00	2,63	4,82	0,80	0,50	3,52
20/09/2010 12:00	1,05	0,25	0,00	-1,40	1,65
21/09/2010 12:00	2,89	0,00	0,00	-0,90	0,90
22/09/2010 10:00	2,54	6,51	3,40	-0,01	3,11
23/09/2010 10:00	1,62	0,00	0,00	-1,09	1,09
24/09/2010 10:00	4,16	6,53	2,13	-0,44	4,84
25/09/2010 14:00	4,57	0,00	0,00	-2,65	2,65
26/09/2010 16:00	4,31	6,13	0,91	2,14	3,09
27/09/2010 18:00	2,11	0,00	0,00	-1,50	1,50
28/09/2010 20:00	2,11	4,29	0,79	0,46	3,04
29/09/2010 20:00	2,73	0,00	0,00	-0,83	0,83
30/09/2010 20:00	2,56	0,00	0,00	-0,88	0,88
TOTAL	91,18	134,60	51,40	-7,74	90,94
Kc					1,0

Tabla B.22 Parcela 2 –BH - Octubre 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/10/2010 20:00	1,93	12,69	5,81	3,07	3,81
02/10/2010 20:00	2,23	6,10	0,56	1,32	4,22
03/10/2010 20:00	2,43	0,00	0,00	-5,04	5,04
04/10/2010 20:00	4,33	4,37	0,94	0,10	3,33
05/10/2010 20:00	3,09	0,00	0,00	-3,26	3,26
06/10/2010 20:00	2,39	8,74	3,35	2,37	3,01
07/10/2010 20:00	2,59	0,00	0,00	-1,88	1,88
08/10/2010 20:00	2,16	14,74	11,29	1,32	2,13
09/10/2010 20:00	2,13	22,34	6,81	10,21	5,32
10/10/2010 20:00	1,8	0,00	0,00	-4,72	4,72
11/10/2010 20:00	1,87	34,68	17,24	13,42	4,02
12/10/2010 20:00	0,98	12,23	12,81	-5,26	4,69
13/10/2010 20:00	2,79	0,25	2,55	-4,86	2,56
14/10/2010 20:00	1,9	0,00	1,94	-3,69	1,75
15/10/2010 20:00	2,07	0,00	0,00	-2,19	2,19
16/10/2010 20:00	2,53	0,00	0,00	-1,82	1,82
17/10/2010 20:00	2,57	6,28	1,97	2,10	2,21
18/10/2010 20:00	3,68	0,00	0,00	-2,39	2,39
19/10/2010 20:00	3,11	6,30	1,70	1,81	2,79
20/10/2010 20:00	1,94	0,00	0,19	-1,92	1,73
21/10/2010 20:00	1,94	4,27	0,53	1,62	2,12
22/10/2010 20:00	1,65	4,27	1,19	1,01	2,07
23/10/2010 20:00	1,8	0,00	0,00	-1,82	1,81
24/10/2010 20:00	1,83	0,00	0,00	-1,64	1,63
25/10/2010 20:00	3,62	4,27	0,65	0,41	3,20
26/10/2010 20:00	2,56	4,27	0,89	1,23	2,15
27/10/2010 20:00	2,15	0,00	0,00	-1,73	1,73
28/10/2010 20:00	1,6	4,20	0,00	2,03	2,17
29/10/2010 20:00	1,13	4,20	0,00	2,21	1,99
30/10/2010 20:00	1,93	5,46	3,11	0,20	2,15
31/10/2010 20:00	1,75	4,71	1,41	0,69	2,60
TOTAL	70,48	164,35	74,96	2,90	86,49
Kc					1,2

Tabla B.23 Parcela 2 –BH - Noviembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/11/2010 20:00	1,74	0,00	1,14	-2,60	1,45
02/11/2010 20:00	4,78	0,00	0,00	-2,73	2,73
03/11/2010 20:00	1,86	0,00	0,00	-1,03	1,03
04/11/2010 20:00	1,7	6,10	1,84	3,15	1,11
05/11/2010 20:00	1,5	0,00	0,00	-1,12	1,12
06/11/2010 20:00	1,56	0,00	0,00	-1,03	1,03
07/11/2010 20:00	1,48	5,53	1,65	2,44	1,44
08/11/2010 20:00	1,64	0,00	0,00	-1,53	1,53
09/11/2010 20:00	2,47	0,00	0,00	-1,74	1,74
10/11/2010 20:00	2,93	0,00	0,00	-2,00	2,00
11/11/2010 20:00	1,6	6,97	0,13	4,38	2,45
12/11/2010 20:00	1,7	0,00	0,00	-0,72	0,72
13/11/2010 20:00	1,51	0,00	0,00	-0,73	0,72
14/11/2010 20:00	1,24	8,68	3,11	3,18	2,39
15/11/2010 20:00	1,61	0,00	0,00	-1,32	1,32
16/11/2010 20:00	2,54	0,76	0,00	-0,51	1,27
17/11/2010 20:00	0,68	0,00	0,00	-0,26	0,25
18/11/2010 20:00	1,55	8,87	3,03	2,68	3,15
19/11/2010 20:00	1	9,29	3,65	1,62	4,02
20/11/2010 20:00	1,6	0,00	0,00	-1,70	1,71
21/11/2010 20:00	1,48	0,00	0,00	-1,52	1,52
22/11/2010 20:00	2	9,30	5,00	3,22	1,07
23/11/2010 20:00	1,4	0,00	0,00	-1,70	1,70
24/11/2010 20:00	1,58	9,27	4,79	2,89	1,59
25/11/2010 20:00	1,4	0,00	0,00	-2,09	2,08
26/11/2010 20:00	1,36	0,00	0,00	-1,41	1,41
27/11/2010 20:00	1,1	0,00	0,00	-1,02	1,02
28/11/2010 20:00	1,98	0,00	0,00	-0,82	0,82
29/11/2010 20:00	0,56	15,88	5,08	8,54	2,26
30/11/2010 20:00	0,61	0,00	0,00	-3,20	3,20
TOTAL	50,16	80,63	29,43	1,33	49,87
Kc					1,0

Tabla B.24 Parcela 2 –BH - Diciembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/12/2010 20:00	1,62	9,37	5,03	2,42	1,92
02/12/2010 20:00	0,86	0,00	0,00	-2,61	2,62
03/12/2010 20:00	1,15	0,00	0,00	-1,67	1,67
04/12/2010 20:00	0,99	8,83	4,63	2,07	2,14
05/12/2010 20:00	0,54	0,00	0,00	-1,48	1,48
06/12/2010 20:00	1,48	9,01	3,64	3,72	1,64
07/12/2010 20:00	1,19	0,51	0,00	-2,14	2,65
08/12/2010 20:00	2,19	9,01	4,07	2,62	2,31
09/12/2010 20:00	1,47	1,01	0,11	-1,55	2,44
10/12/2010 20:00	0,24	0,25	0,62	-1,86	1,49
11/12/2010 20:00	0,42	0,00	0,25	-1,39	1,14
12/12/2010 20:00	0,6	0,00	0,25	-1,00	0,75
TOTAL	12,75	37,99	18,62	-2,89	22,26
Kc					1,7

Tabla B.25 Parcela 2 –BH - Enero 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/01/2011 20:00	0,78	0,00	0,00		
02/01/2011 20:00	1,04	0,00	0,00		
03/01/2011 20:00	1,41	0,00	0,00		
04/01/2011 20:00	1,01	22,18	0,00		
05/01/2011 20:00	0,63	0,00	0,00	-1,80	1,80
06/01/2011 20:00	1,1	22,18	15,57	4,21	2,41
07/01/2011 20:00	1,69	0,00	0,00	-3,73	3,73
08/01/2011 20:00	1,53	0,00	0,00	-3,08	3,08
09/01/2011 20:00	1,58	0,00	0,00	-1,87	1,87
10/01/2011 20:00	0,81	0,00	0,00	-0,90	0,89
11/01/2011 20:00	1,7	5,57	2,24	2,37	0,96
12/01/2011 20:00	2,17	5,81	3,09	0,68	2,04
13/01/2011 20:00	1,37	0,00	2,49	-3,68	1,19
14/01/2011 20:00	1,24	6,80	4,31	0,97	1,52
15/01/2011 20:00	1,11	0,00	0,00	-0,58	0,58
16/01/2011 20:00	0,77	6,77	3,09	0,97	2,71
17/01/2011 20:00	0,84	0,00	1,41	-2,25	0,84
18/01/2011 20:00	0,77	0,00	0,67	-1,59	0,92
19/01/2011 20:00	0,96	0,00	0,13	-0,30	0,17
20/01/2011 20:00	0,9	7,15	3,11	1,30	2,74
21/01/2011 20:00	2,65	0,00	0,53	-2,00	1,47
22/01/2011 20:00	1,53	0,00	0,00	-0,81	0,81
23/01/2011 20:00	1,81	6,72	2,98	2,31	1,42
24/01/2011 20:00	1,51	0,00	0,00	-0,30	0,30
25/01/2011 20:00	1,4	7,52	3,09	2,96	1,48
26/01/2011 20:00	0,33	9,72	3,33	5,60	0,79
27/01/2011 20:00	0,42	8,15	4,66	2,92	0,57
28/01/2011 20:00	0,45	0,50	3,09	-3,67	1,08
29/01/2011 20:00	0,99	0,00	2,16	-2,83	0,67
30/01/2011 20:00	1,1	3,58	1,16	1,14	1,28
31/01/2011 20:00	1,08	0,00	1,06	-3,46	2,39
TOTAL	36,68	112,65	58,16	-7,40	
TOTAL - DATOS FALTANTES	32,44				39,70
Kc					1,2

Tabla B.26 Parcela 2 –BH - Febrero 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/02/2011 20:00	2,9	0,00	0,59	-2,36	1,78
02/02/2011 20:00	3,65	0,00	0,53	-1,70	1,17
03/02/2011 20:00	2,62	0,00	0,00	-1,22	1,22
04/02/2011 20:00	1,79	0,00	0,00	-0,92	0,92
05/02/2011 20:00	1,43	6,96	2,90	2,84	1,22
06/02/2011 20:00	1,81	6,88	3,11	2,48	1,28
07/02/2011 20:00	1,41	0,00	0,80	-1,58	0,78
08/02/2011 20:00	1,08	6,88	3,11	2,37	1,40
09/02/2011 20:00	1,12	0,00	1,01	-1,77	0,76
10/02/2011 20:00	1,16	8,65	3,11	3,13	2,41
11/02/2011 20:00	1,11	0,00	2,29	-2,54	0,25
12/02/2011 20:00	1,41	0,00	0,73	-1,59	0,86
13/02/2011 20:00	1,71	1,77	0,73	-0,30	1,34
14/02/2011 20:00	1,65	3,81	2,53	0,90	0,38
15/02/2011 20:00	0,86	0,00	0,00	-0,70	0,70
16/02/2011 20:00	1,08	0,00	2,37	-3,41	1,04
17/02/2011 20:00	1,13	0,00	1,44	-2,12	0,68
18/02/2011 20:00	3,18	0,00	0,00	-0,82	0,82
19/02/2011 20:00	1,44	0,00	0,00	-0,62	0,62
20/02/2011 20:00	1,72	0,00	0,00	-0,83	0,83
21/02/2011 20:00	2,91	8,24	2,80	3,08	2,36
22/02/2011 20:00	3,33	9,02	3,32	2,11	3,58
23/02/2011 20:00	3,19	0,00	0,00	-1,61	1,61
24/02/2011 20:00	1,87	0,00	0,64	-1,22	0,58
25/02/2011 20:00	1,88	0,00	0,32	-1,13	0,81
26/02/2011 20:00	1,99	0,00	0,00	-0,83	0,83
27/02/2011 20:00	2,96	0,00	0,00	-0,94	0,94
28/02/2011 20:00	2,41	0,00	0,00	-0,52	0,52
TOTAL	54,80	52,20	32,34	-11,80	31,66
Kc					0,6

Tabla B.27 Parcela 2 –BH - Marzo 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/03/2011 20:00	3,45	0,00	0,13	-0,97	0,84
02/03/2011 20:00	2,64	0,00	0,00	-0,40	0,40
03/03/2011 20:00	1,51	2,53	0,39	0,29	1,85
04/03/2011 20:00	1,18	11,51	0,00	10,46	1,05
05/03/2011 20:00	1,66	0,00	0,16	-2,63	2,47
06/03/2011 20:00	1,85	0,00	0,39	-1,76	1,38
07/03/2011 20:00	1,76	0,25	0,00	-0,69	0,94
08/03/2011 20:00	1,3	0,00	0,00	-0,69	0,69
09/03/2011 20:00	0,86	0,00	0,00	-1,70	1,70
10/03/2011 20:00	1,82	3,30	0,00	0,42	2,88
11/03/2011 20:00	1	47,58	21,30	24,63	1,65
12/03/2011 20:00	1,28	0,25	2,11	-4,48	2,62
13/03/2011 20:00	2,25	1,01	1,00	-2,52	2,53
14/03/2011 20:00	0,72	2,27	1,11	-0,92	2,08
15/03/2011 20:00	1,36	2,02	0,70	0,29	1,03
16/03/2011 20:00	2,35	0,00	1,90	-5,66	3,75
17/03/2011 20:00	3,06	0,00	0,93	-3,72	2,79
18/03/2011 20:00	4,31	0,00	0,00	-2,07	2,07
19/03/2011 20:00	2,43	0,00	0,00	-1,66	1,66
20/03/2011 20:00	2,74	8,52	1,17	4,80	2,55
21/03/2011 20:00	2,05	2,06	0,00	0,00	2,06
22/03/2011 20:00	1,69	23,97	4,54	18,34	1,09
23/03/2011 20:00	0,79	0,50	9,11	-9,28	0,67
24/03/2011 20:00	1,26	0,00	3,38	-4,89	1,51
25/03/2011 20:00	1,92	0,00	1,36	-4,11	2,76
26/03/2011 20:00	2,12	0,00	0,00	-2,83	2,83
27/03/2011 20:00	2,46	0,00	0,00	-2,81	2,81
28/03/2011 20:00	2,7	8,64	2,50	3,08	3,05
29/03/2011 20:00	2,93	0,00	0,80	-3,52	2,73
30/03/2011 20:00	2,95	8,32	2,90	3,25	2,17
31/03/2011 20:00	2,93	0,00	0,27	-3,51	3,25
TOTAL	63,33	122,73	56,15	4,71	61,87
Kc					1,0

Tabla B.28 Parcela 2 –BH - Abril 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/04/2011 20:00	3,05	8,31	2,77	3,32	2,21
02/04/2011 20:00	2,68	0,00	0,48		
03/04/2011 20:00	1,85	8,26	1,62		
04/04/2011 20:00	2,62	0,00	1,68		
05/04/2011 20:00	3,01	8,45	2,41	3,08	2,96
06/04/2011 20:00	3,18	0,00	0,84	-3,52	2,68
07/04/2011 20:00	3,24	8,52	2,30	2,61	3,60
08/04/2011 20:00	3,55	0,00	0,78	-3,92	3,13
09/04/2011 20:00	4,04	0,00	0,00	-2,41	2,41
10/04/2011 20:00	3,12	9,07	1,86	3,80	3,41
11/04/2011 20:00	4,6	0,00	0,59	-3,20	2,62
12/04/2011 20:00	4,67	14,99	3,38	7,54	4,06
13/04/2011 20:00	3,48	10,60	0,41	6,39	3,80
14/04/2011 20:00	3	12,34	9,18	-1,36	4,51
15/04/2011 20:00	3,05	0,00	0,34	-5,20	4,86
16/04/2011 20:00	1,83	0,00	0,21	-4,18	3,96
17/04/2011 20:00	3,13	10,68	3,11	4,45	3,12
18/04/2011 20:00	3,21	12,37	3,11	4,72	4,54
19/04/2011 20:00	2,98	10,34	4,11	1,32	4,91
20/04/2011 20:00	2,63	0,25	0,06	-3,00	3,19
21/04/2011 20:00	1,14	35,63	22,46	8,95	4,23
22/04/2011 20:00	2,08	0,00	0,00	-5,94	5,94
23/04/2011 20:00	2,68	0,25	0,27	-4,24	4,22
24/04/2011 20:00	2,22	2,02	0,00	-0,67	2,68
25/04/2011 20:00	1,82	0,00	0,27	-4,43	4,16
26/04/2011 20:00	4,21	0,00	0,21	-3,17	2,96
27/04/2011 20:00	4,51	8,23	1,97	4,06	2,20
28/04/2011 20:00	2,27	0,50	1,06	-2,06	1,49
29/04/2011 20:00	2,24	0,00	0,13	-2,78	2,64
30/04/2011 20:00	3,65	0,00	0,00	-1,34	1,34
TOTAL	89,74	160,80	65,63	-1,18	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	82,59				91,87
Kc					1,1

Tabla B.29 Parcela 2 –BH - Mayo 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/05/2011 20:00	3,02	0,25	0,00	-0,94	1,19
02/05/2011 20:00	3	0,50	0,00	-1,39	1,89
03/05/2011 20:00	2,41	10,66	1,41	4,08	5,17
04/05/2011 20:00	4,88	10,64	3,57	2,13	4,94
05/05/2011 20:00	3,8	0,00	0,00	-2,44	2,44
06/05/2011 20:00	3,88	13,71	1,57	6,34	5,80
07/05/2011 20:00	1,29	1,80	0,00	-1,00	2,79
08/05/2011 20:00	4,27	0,00	0,27	-2,52	2,26
09/05/2011 20:00	4,17	10,50	4,11	2,32	4,07
10/05/2011 20:00	2,7	10,50	5,01	1,59	3,90
11/05/2011 20:00	4,1	0,00	0,00	-2,80	2,80
12/05/2011 20:00	3,73	11,05	5,22	2,20	3,63
13/05/2011 20:00	3,33	0,00	0,00	-2,61	2,61
14/05/2011 20:00	3,54	7,15	1,76	0,91	4,48
15/05/2011 20:00	5,27	0,00	0,00	-2,44	2,44
16/05/2011 20:00	3,86	0,00	0,00	-3,45	3,45
17/05/2011 20:00	3,93	0,00	0,00	-3,54	3,54
18/05/2011 20:00	2,61	10,23	1,09	3,59	5,55
19/05/2011 20:00	2,34	0,00	0,00	-2,24	2,24
20/05/2011 20:00	5,15	0,00	0,00	-1,35	1,35
21/05/2011 20:00	4,48	0,00	0,00	-1,74	1,74
22/05/2011 20:00	4,4	0,00	0,00	-1,74	1,74
23/05/2011 20:00	4,58	10,70	0,13	6,21	4,35
24/05/2011 20:00	4,68	9,99	0,13	5,58	4,28
25/05/2011 20:00	5,21	0,00	0,13	-2,23	2,10
26/05/2011 20:00	5,06	1,81	0,03	-2,34	4,13
27/05/2011 20:00	5,42	12,21	0,00	5,85	6,36
28/05/2011 20:00	2,39	0,00	0,00	-3,24	3,24
29/05/2011 20:00	2,46	4,00	0,00	2,06	1,94
30/05/2011 20:00	3,07	6,24	1,94	-0,51	4,82
31/05/2011 20:00	3,08	0,00	0,00	-2,97	2,97
TOTAL	116,11	131,96	26,37	1,39	104,20
Kc					0,9

Tabla B.30 Parcela 2 –BH - Junio 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/06/2011 20:00	5,13	9,74	4,13	-0,44	6,05
02/06/2011 20:00	5,35	16,67	3,65	3,64	9,38
03/06/2011 20:00	3,9	13,97	2,37	6,40	5,20
04/06/2011 20:00	2,66	0,00	2,01	-5,11	3,10
05/06/2011 20:00	2,39	0,00	0,00	-2,89	2,89
06/06/2011 20:00	3,78	2,32	0,13	-0,63	2,81
07/06/2011 20:00	2,87	0,00	0,00	-1,10	1,10
08/06/2011 20:00	4,22	0,00	0,13	-1,86	1,72
09/06/2011 20:00	4,6	6,34	0,67	1,71	3,96
10/06/2011 20:00	3,91	0,00	0,00	-0,98	0,99
11/06/2011 20:00	3,25	0,00	0,00	-1,62	1,62
12/06/2011 20:00	3,47	6,04	0,13	3,68	2,22
13/06/2011 20:00	3,96	9,04	1,78	2,76	4,50
14/06/2011 20:00	4,38	0,00	0,00	-4,00	4,00
15/06/2011 20:00	4,72	7,54	3,30	0,00	4,23
16/06/2011 20:00	4,66	0,00	0,00	-4,70	4,70
17/06/2011 20:00	4,72	6,65	0,40	2,00	4,25
18/06/2011 20:00	4,81	8,20	0,80	1,56	5,84
19/06/2011 20:00	4,67	6,70	1,30	0,68	4,71
20/06/2011 20:00	3,07	10,84	3,11	2,87	4,86
21/06/2011 20:00	4,3	6,61	1,62	0,10	4,88
22/06/2011 20:00	4,97	6,51	2,59	0,10	3,83
23/06/2011 20:00	5,26	0,00	0,00	-2,06	2,06
24/06/2011 20:00	4,38	0,00	0,00	-3,92	3,92
25/06/2011 20:00	2,81	12,01	3,11	1,41	7,48
26/06/2011 20:00	5,07	10,79	3,09	0,70	7,00
27/06/2011 20:00	5,14	10,19	3,11	1,67	5,41
28/06/2011 20:00	4,97	9,13	0,45	0,82	7,86
29/06/2011 20:00	4,95	7,96	1,97	0,30	5,68
30/06/2011 20:00	4,37	8,11	3,11	0,81	4,18
TOTAL	126,74	175,36	42,98	1,90	130,48
Kc					1,0

Tabla B.31 Parcela 2 – BH - Julio 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/07/2011 20:00	3,81	7,19	3,78	0,10	3,31
02/07/2011 20:00	3,96	7,28	3,91	0,50	2,87
03/07/2011 20:00	4,06	8,04	3,83	1,59	2,62
04/07/2011 20:00	2,7	7,21	3,11	-0,60	4,69
05/07/2011 20:00	4,14	5,92	3,11	-1,20	4,00
06/07/2011 20:00	4,76	7,02	1,84	-0,20	5,39
07/07/2011 20:00	5,36	7,10	2,08	-0,40	5,43
08/07/2011 20:00	5,13	6,83	1,97	0,30	4,56
09/07/2011 20:00	4,26	6,96	1,60	0,10	5,26
10/07/2011 20:00	3,39	6,96	1,78	-0,81	5,98
11/07/2011 20:00	5,05	7,85	1,70	0,81	5,34
12/07/2011 20:00	4,21	8,18	3,11	0,80	4,26
13/07/2011 20:00	4,36	5,63	1,97	0,18	3,48
14/07/2011 20:00	5,68	8,61	3,03	-1,59	7,16
15/07/2011 20:00	4,59	6,92	1,60	0,40	4,92
16/07/2011 20:00	2,84	6,92	2,05	-0,40	5,28
17/07/2011 20:00	4,78	0,00	0,00	-2,76	2,76
18/07/2011 20:00	5,86	7,10	0,40	-0,10	6,81
19/07/2011 20:00	4,41	6,77	0,40	-0,52	6,89
20/07/2011 20:00	6,68	6,77	0,48	0,62	5,67
21/07/2011 20:00	4,04	8,17	1,93	1,64	4,60
22/07/2011 20:00	3,77	7,29	0,40	1,52	5,37
23/07/2011 20:00	2,35	7,35	1,41	0,30	5,64
24/07/2011 20:00	3,96	7,23	1,70	-0,10	5,62
25/07/2011 20:00	4,58	7,48	1,84	-0,40	6,05
26/07/2011 20:00	5,27	9,34	1,81	-0,30	7,84
27/07/2011 20:00	4,59	16,63	2,10	6,91	7,62
28/07/2011 20:00	4,27	18,00	4,18	8,09	5,73
29/07/2011 20:00	2,73	4,81	4,18	-5,21	5,84
30/07/2011 20:00	1,49	0,76	2,55	-8,18	6,38
31/07/2011 20:00	2,02	16,82	3,01	1,78	12,03
TOTAL	129,10	239,12	66,87	2,89	169,37
Kc					1,3

Tabla B.32 Parcela 2 –BH - Agosto 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/08/2011 20:00	2,63	16,79	3,11	6,59	7,09
02/08/2011 20:00	3,17	16,80	3,11	6,10	7,59
03/08/2011 20:00	4,1	7,64	3,11	-2,08	6,60
04/08/2011 20:00	4,22	6,59	2,77	-2,30	6,12
05/08/2011 20:00	4,3	6,64	3,11	-2,80	6,33
06/08/2011 20:00	3,55	6,64	2,90	-0,59	4,33
07/08/2011 20:00	4,37	6,52	2,50	-0,60	4,62
08/08/2011 20:00	4,63	0,00	0,90	-6,13	5,23
09/08/2011 20:00	5,08	0,00	0,00	-5,20	5,20
10/08/2011 20:00	3,66	7,56	0,88	1,22	5,45
11/08/2011 20:00	3,77	14,35	3,11	5,61	5,63
12/08/2011 20:00	3,48	7,45	4,18	0,60	2,67
13/08/2011 20:00	3,94	6,27	3,78	-0,20	2,69
14/08/2011 20:00	3,12	5,31	2,95	-1,10	3,45
15/08/2011 20:00	4,34	5,31	2,10	-0,71	3,91
16/08/2011 20:00	4	5,43	1,78	0,00	3,65
17/08/2011 20:00	4,04	5,73	1,89	0,30	3,54
18/08/2011 20:00	4,31	5,42	1,97	0,20	3,25
19/08/2011 20:00	3,46	5,36	1,92	-0,51	3,95
20/08/2011 20:00	4,3	5,44	1,84	-0,51	4,11
21/08/2011 20:00	4,93	5,43	1,89	-0,41	3,95
22/08/2011 20:00	4,79	5,43	1,97	-0,31	3,77
23/08/2011 20:00	4,58	5,43	1,89	0,10	3,44
24/08/2011 20:00	4,13	5,43	1,97	0,20	3,26
25/08/2011 20:00	4,04	5,43	1,78	-0,61	4,26
26/08/2011 20:00	4,35	5,43	1,78	-1,13	4,78
27/08/2011 20:00	6,67	5,43	1,89	0,31	3,23
28/08/2011 20:00	3,9	5,43	1,86	0,21	3,36
29/08/2011 20:00	3,77	5,53	1,92	0,10	3,51
30/08/2011 20:00	3,75	5,43	1,97	0,31	3,15
31/08/2011 20:00	3,58	5,42	1,84	0,51	3,07
TOTAL	126,96	201,07	68,69	-2,82	135,19
Kc					1,1

Tabla B.33 Parcela 2 –BH - Septiembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/09/2011 20:00	3,12	5,34	2,10	0,51	2,73
02/09/2011 20:00	2,98	5,33	1,97	-0,10	3,46
03/09/2011 20:00	3,04	5,32	2,10	-0,20	3,42
04/09/2011 20:00	3,52	0,00	0,00	-2,58	2,58
05/09/2011 20:00	4,8	0,00	0,00	-2,47	2,47
06/09/2011 20:00	4,24	4,42	0,00	0,00	4,42
07/09/2011 20:00	3,46	0,00	0,00	-2,85	2,85
08/09/2011 20:00	3,61	0,00	0,00	-2,79	2,79
09/09/2011 20:00	3,66	9,27	0,35	5,89	3,03
10/09/2011 20:00	3,54	0,00	0,00	-2,64	2,64
11/09/2011 20:00	3,6	0,00	0,00	-2,43	2,43
12/09/2011 20:00	3,38	10,98	2,77	5,43	2,78
13/09/2011 20:00	3,32	0,00	0,00	-3,18	3,19
14/09/2011 20:00	3,42	0,00	0,00	-3,34	3,34
15/09/2011 20:00	3,42	16,85	2,24	10,61	4,01
16/09/2011 20:00	3,36	16,97	5,43	6,95	4,59
17/09/2011 20:00	3,14	0,00	0,00	-2,36	2,37
18/09/2011 20:00	2,5	0,00	0,00	-1,96	1,96
19/09/2011 20:00	4,84	0,00	0,00	-2,45	2,45
20/09/2011 20:00	3,57	11,14	2,34	4,37	4,43
21/09/2011 20:00	3,04	0,00	0,00	-1,94	1,94
22/09/2011 20:00	2,88	0,00	0,00	-1,74	1,74
23/09/2011 20:00	2,27	15,26	6,55	5,08	3,63
24/09/2011 20:00	2,17	1,27	0,00	-1,84	3,12
25/09/2011 20:00	2,6	0,00	0,00	-2,56	2,56
26/09/2011 20:00	2,72	0,00	0,00	-1,94	1,94
27/09/2011 20:00	2,84	0,00	0,00	-1,63	1,63
28/09/2011 20:00	2,97	0,00	0,00	-1,74	1,74
29/09/2011 20:00	3,44	9,12	1,46	2,85	4,81
30/09/2011 20:00	3,02	0,00	0,00	-2,11	2,10
TOTAL	98,47	111,27	27,31	-3,16	87,12
Kc					0,9

Tabla B.34 Parcela 2 – BH - Octubre 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/10/2011 20:00	2,88	0,00	0,00	-0,94	0,94
02/10/2011 20:00	3,32	0,00	0,00	-1,09	1,09
03/10/2011 20:00	2,68	11,38	1,46	7,84	2,07
04/10/2011 20:00	2,9	0,00	0,00	-2,16	2,16
05/10/2011 20:00	3,04	0,00	0,00	-2,35	2,35
06/10/2011 20:00	2,91	11,25	3,33	5,13	2,79
07/10/2011 20:00	3,83	0,00	0,00	-3,42	3,42
08/10/2011 20:00	5,05	0,00	0,00	-2,13	2,13
09/10/2011 20:00	3,74	10,62	3,06	5,96	1,60
10/10/2011 20:00	2,59	0,00	0,00	-1,41	1,41
11/10/2011 20:00	2,77	0,00	0,00	-1,71	1,71
12/10/2011 20:00	2,88	11,29	3,72	5,12	2,44
13/10/2011 20:00	2,92	0,50	0,00	-0,27	0,77
14/10/2011 20:00	2,61	0,00	0,00	-1,00	1,00
15/10/2011 20:00	1,51	0,00	0,00	-1,62	1,62
16/10/2011 20:00	1,65	11,11	5,21	3,98	1,92
17/10/2011 20:00	1,57	0,00	0,00	-1,60	1,60
18/10/2011 20:00	2,11	0,00	0,00	-1,40	1,40
19/10/2011 20:00	2,01	11,49	4,89	4,21	2,38
20/10/2011 20:00	3,17	0,25	0,00	-1,55	1,80
21/10/2011 20:00	2,58	0,00	0,00	-1,43	1,43
22/10/2011 20:00	1,51	1,01	0,00	-0,99	2,00
23/10/2011 20:00	1,4	18,56	11,76	5,98	0,82
24/10/2011 20:00	1,3	0,00	2,37	-3,16	0,80
25/10/2011 20:00	1,82	0,00	0,80	-2,74	1,94
26/10/2011 20:00	2,04	14,30	6,62	6,92	0,76
27/10/2011 20:00	1,48	0,00	2,61	-3,07	0,46
28/10/2011 20:00	1,74	0,00	0,98	-2,14	1,15
29/10/2011 20:00	2,02	0,00	0,00	-3,13	3,13
30/10/2011 20:00	1,14	0,00	0,00	-1,82	1,82
31/10/2011 20:00	1,9	0,00	0,00	-1,19	1,19
TOTAL	75,07	101,76	46,84	2,83	52,10
Kc					0,7

Tabla B.35 Parcela 2 – BH - Noviembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/11/2011 20:00	1,62	0,00	0,00	-1,17	1,17
02/11/2011 20:00	1,66	13,86	2,87	7,57	3,42
03/11/2011 20:00	0,81	5,61	4,23		
04/11/2011 20:00	1,44	1,01	3,91		
05/11/2011 20:00	0,62	1,27	3,11		
06/11/2011 20:00	3,17	3,29	2,77		
07/11/2011 20:00	0,8	0,00	1,73	-3,25	1,52
08/11/2011 20:00	1,16	0,00	0,00	-2,30	2,30
09/11/2011 20:00	1,57	0,00	0,00	-1,62	1,62
10/11/2011 20:00	1,49	0,00	0,00	-1,40	1,40
11/11/2011 20:00	1,36	0,00	0,00	-1,63	1,63
12/11/2011 20:00	1,53	0,25	0,00	-1,59	1,84
13/11/2011 20:00	1,59	11,39	1,97	8,78	0,64
14/11/2011 20:00	0,58	70,73	56,58	13,42	0,73
15/11/2011 20:00	0,97	0,00	4,18	-4,82	0,65
16/11/2011 20:00	1,35	0,00	2,18		
17/11/2011 20:00	1,46	0,00	0,00		
18/11/2011 20:00	0,88	7,13	2,93	3,76	0,44
19/11/2011 20:00	1,04	10,46	3,99		
20/11/2011 20:00	0,66	52,64	43,97		
21/11/2011 20:00	0,36	24,53	17,78		
22/11/2011 20:00	0,64	1,52	3,11		
23/11/2011 20:00	1,76	0,00	3,11	-4,69	1,57
24/11/2011 20:00	1,52	0,00	1,04	-3,97	2,93
25/11/2011 20:00	1,21	0,00	0,11	-2,56	2,46
26/11/2011 20:00	1,44	0,00	0,00	-1,76	1,76
27/11/2011 20:00	1,25	0,00	0,00	-0,73	0,73
28/11/2011 20:00	1,72	0,00	0,00	-1,53	1,53
29/11/2011 20:00	1,19	0,00	0,00	-0,35	0,35
30/11/2011 20:00	1,12	0,00	0,00	-1,06	1,06
TOTAL	37,97	203,69	159,57	-0,89	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	26,42				29,7
Kc					1,1

Tabla B.36 Parcela 2 – BH - Diciembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 2			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/12/2011 20:00	0,92	5,87	2,71	0,28	2,88
02/12/2011 20:00	0,91	0,00	0,00		
03/12/2011 20:00	1,69	0,00	0,00		
04/12/2011 20:00	0,63	0,00	0,27	-1,35	1,08
05/12/2011 20:00	1,26	0,00	0,00	-1,06	1,06
06/12/2011 20:00	1,43	0,00	0,00	-0,87	0,87
07/12/2011 20:00	1,2	0,00	0,00	-0,60	0,60
08/12/2011 20:00	1,24	0,00	0,00	-0,77	0,77
09/12/2011 20:00	0,88	0,00	0,00	-0,43	0,43
10/12/2011 20:00	0,71	0,00	0,00	-0,42	0,42
11/12/2011 20:00	0,8	0,00	0,00	-0,42	0,42
12/12/2011 20:00	0,62	0,00	0,00	-0,42	0,42
13/12/2011 20:00	1,18	0,00	0,00	-0,61	0,61
14/12/2011 20:00	1,4	8,05	0,96	5,46	1,64
15/12/2011 20:00	0,57	0,00	0,00	-0,39	0,38
16/12/2011 20:00	1,17	0,00	0,00	-1,49	1,49
17/12/2011 20:00	2,11	0,00	0,00	-0,96	0,96
18/12/2011 20:00	1,78	0,00	0,00	-0,85	0,85
19/12/2011 20:00	1	0,00	0,00	-0,75	0,75
20/12/2011 20:00	1,39	0,00	0,00	-1,25	1,25
21/12/2011 20:00	2,38	7,62	0,19	4,95	2,49
22/12/2011 20:00	2,7	0,00	0,00	-0,71	0,71
23/12/2011 20:00	1,42	0,00	0,00	-0,87	0,87
24/12/2011 20:00	1,83	0,00	0,00	-0,86	0,86
25/12/2011 20:00	1,66	0,00	0,00	-0,59	0,59
26/12/2011 20:00	1,11	0,00	0,00	-0,59	0,59
27/12/2011 20:00	1,11	0,00	0,00	-0,83	0,83
28/12/2011 20:00	1,17	7,87	0,00	5,50	2,37
29/12/2011 20:00	1,02	0,00	0,00	-1,42	1,42
30/12/2011 20:00	2,64	0,00	0,00	-1,04	1,04
31/12/2011 20:00	1,39	0,00	0,00	-0,86	0,86
TOTAL	41,32	29,42	4,13	-4,20	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	38,72				29,49
Kc					0,8

Tabla B.37 Parcela 3 – BH - Marzo 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/03/2010 20:00	2,36	0,00	0,00	-1,77	1,77
02/03/2010 20:00	2,37	15,32	4,94	7,70	2,68
03/03/2010 20:00	1,39	0,00	0,00	-1,29	1,29
04/03/2010 20:00	2,37	10,34	3,33	2,94	4,07
05/03/2010 20:00	1,92	9,09	0,41	4,58	4,09
06/03/2010 20:00	1,84	0,00	0,00	-4,93	4,93
07/03/2010 20:00	0,99	9,19	4,36	0,00	4,84
08/03/2010 20:00	2,52	0,00	0,00	-4,55	4,55
09/03/2010 20:00	3,23	0,00	0,00		
10/03/2010 20:00	1,6	7,62	2,28		
11/03/2010 20:00	2,14	0,00	0,00	-1,57	1,56
12/03/2010 20:00	0,98	0,00	0,00	-1,88	1,88
13/03/2010 20:00	2,84	7,35	1,73	0,99	4,64
14/03/2010 20:00	2,8	0,00	0,00	-2,65	2,65
15/03/2010 20:00	2,44	0,00	0,00	-1,40	1,40
16/03/2010 20:00	2,13	10,70	3,44	4,74	2,52
17/03/2010 20:00	2,17	0,00	0,00	-2,43	2,43
18/03/2010 20:00	1,58	0,25	0,00	-1,66	1,91
19/03/2010 20:00	1,02	10,35	7,41	2,12	0,83
20/03/2010 20:00	1,5	2,03	0,00	-2,47	4,49
21/03/2010 20:00	1,94	4,75	1,15	2,66	0,93
22/03/2010 20:00	1,82	0,00	0,00	-1,34	1,34
23/03/2010 20:00	1,47	0,00	0,00	-1,32	1,32
24/03/2010 20:00	0,91	0,00	0,00	-1,31	1,31
25/03/2010 20:00	1,62	6,91	2,79	0,64	3,47
26/03/2010 20:00	4,59	0,00	0,00	-1,00	1,00
27/03/2010 20:00	2,86	6,84	0,93	2,15	3,76
28/03/2010 20:00	2,63	0,00	0,00	-1,36	1,36
29/03/2010 20:00	2,69	7,05	0,00	2,92	4,13
30/03/2010 20:00	5,47	13,48	4,53	2,17	6,77
31/03/2010 20:00	3,06	0,00	0,00	-3,29	3,28
TOTAL	69,3	121,3	37,3	-2,57	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	64,4				81,2
Kc					1,3

Tabla B.38 Parcela 3 – BH - Abril 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/04/2010 20:00	3,43	0,00	0,00	-4,03	4,03
02/04/2010 20:00	2,64	0,00	0,00	-3,69	3,69
03/04/2010 20:00	2,61	4,31	0,00	-0,23	4,54
04/04/2010 20:00	4,05	2,71	0,00	-0,38	3,09
05/04/2010 20:00	3,28	0,00	0,00	-1,43	1,43
06/04/2010 20:00	2,64	6,89	0,00	2,65	4,24
07/04/2010 20:00	1,88	10,12	2,17	4,92	3,03
08/04/2010 20:00	2,88	0,00	0,00	-3,33	3,34
09/04/2010 20:00	2,95	10,45	2,27	2,90	5,28
10/04/2010 20:00	3,52	10,45	1,59	2,14	6,71
11/04/2010 20:00	4,11	0,00	0,00	-4,52	4,52
12/04/2010 20:00	2,07	27,49	6,23	19,17	2,09
13/04/2010 20:00	0,84	0,49	0,41	-2,40	2,48
14/04/2010 20:00	1,31	0,00	0,00	-3,76	3,77
15/04/2010 20:00	2,28	0,00	0,00	-2,97	2,98
16/04/2010 20:00	1,96	9,13	0,44	6,26	2,43
17/04/2010 20:00	0,63	0,25	0,79		
18/04/2010 20:00	1,42	0,50	3,19		
19/04/2010 20:00	3,39	0,00	0,11	-2,83	2,72
20/04/2010 20:00	3,08	0,00	0,00	-2,80	2,80
21/04/2010 20:00	3,13	6,09	0,41	2,57	3,11
22/04/2010 20:00	1,32	1,51	0,00	0,36	1,16
23/04/2010 20:00	2,48	5,68	0,58	0,07	5,03
24/04/2010 20:00	3,6	0,00	0,00	-2,93	2,93
25/04/2010 20:00	2,79	0,00	0,00	-1,55	1,55
26/04/2010 20:00	3,87	4,97	0,00	-1,08	6,05
27/04/2010 20:00	3,89	0,00	0,00	-3,92	3,92
28/04/2010 20:00	3,96	4,98	0,00	1,74	3,24
29/04/2010 20:00	3,44	5,00	0,00	3,18	1,82
30/04/2010 20:00	1,7	2,79	0,00	0,02	2,77
TOTAL	81,2	113,8	18,2	4,13	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	79,1				94,7
Kc					1,2

Tabla B.39 Parcela 3 – BH - Mayo 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/05/2010 20:00	1,52	0,00	0,00	-2,31	2,31
02/05/2010 20:00	3,04	25,99	1,89	17,45	6,65
03/05/2010 20:00	1,5	1,78	3,21	-4,44	3,01
04/05/2010 20:00	4,21	0,00	3,21	-4,70	1,50
05/05/2010 20:00	5,29	0,00	0,00	-3,12	3,12
06/05/2010 20:00	4,28	14,90	0,00	11,46	3,44
07/05/2010 20:00	1,74	2,30	1,51	-4,60	5,39
08/05/2010 20:00	3,78	0,51	3,21	-4,03	1,33
09/05/2010 20:00	2,97	0,00	0,00	-2,55	2,55
10/05/2010 20:00	3,58	5,37	0,30	1,42	3,64
11/05/2010 20:00	3,41	3,07	0,05	-0,28	3,29
12/05/2010 20:00	3,85	0,25	0,00	-2,57	2,82
13/05/2010 20:00	3,33	2,79	0,00	-0,43	3,23
14/05/2010 20:00	3,19	2,45	0,00	-0,29	2,74
15/05/2010 20:00	4,98	4,87	0,00	0,72	4,15
16/05/2010 20:00	4,85	5,74	0,00	0,58	5,17
17/05/2010 20:00	4,29	5,17	0,14	0,86	4,18
18/05/2010 20:00	4,08	6,02	1,01	0,14	4,86
19/05/2010 20:00	4,28	4,30	0,58	-0,65	4,37
20/05/2010 20:00	4,38	7,02	1,51	0,93	4,58
21/05/2010 20:00	4,48	4,78	0,38	-1,57	5,97
22/05/2010 20:00	4,33	4,78	0,11	-0,43	5,10
23/05/2010 20:00	3,58	4,50	0,40	0,43	3,68
24/05/2010 20:00	4,32	4,53	0,14	-0,29	4,68
25/05/2010 20:00	3,96	5,50	0,36	0,43	4,71
26/05/2010 20:00	4,6	5,74	0,55	0,43	4,76
27/05/2010 20:00	4,86	0,25	0,05	-2,60	2,79
28/05/2010 20:00	3,33	0,51	0,00	-1,75	2,26
29/05/2010 20:00	4,72	5,88	0,00	1,32	4,56
30/05/2010 20:00	5,07	6,60	0,00	0,87	5,73
31/05/2010 20:00	5,07	4,79	0,00	1,30	3,49
TOTAL	120,87	140,38	18,6	1,73	116,56
Kc					1,0

Tabla B.40 Parcela 3 – BH - Junio 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/06/2010 20:00	4,87	6,25	1,04	1,57	3,63
02/06/2010 20:00	3,7	6,58	0,96	1,14	4,48
03/06/2010 20:00	3,54	6,89	2,90	0,00	3,99
04/06/2010 20:00	4,65	7,06	1,73	-0,43	5,76
05/06/2010 20:00	4,54	11,88	2,03	4,90	4,96
06/06/2010 20:00	1,65	0,25	0,27	-4,19	4,16
07/06/2010 20:00	3,98	11,88	1,92	2,25	7,72
08/06/2010 20:00	4,07	16,64	1,81	3,59	11,24
09/06/2010 20:00	2,35	9,38	0,33	-0,41	9,46
10/06/2010 20:00	5,23	8,14	3,21	-1,51	6,45
11/06/2010 20:00	4,28	6,50	1,84	-1,94	6,61
12/06/2010 20:00	4,02	0,00	1,37	-6,53	5,16
13/06/2010 20:00	4,86	4,09	0,16	-1,57	5,50
14/06/2010 20:00	2,36	21,89	0,30	16,87	4,72
15/06/2010 20:00	4,46	3,57	3,21	-4,76	5,13
16/06/2010 20:00	4,3	0,00	1,64	-6,00	4,36
17/06/2010 20:00	3,94	7,21	0,00	2,98	4,24
18/06/2010 20:00	3,67	3,95	2,66	-2,06	3,35
19/06/2010 20:00	3,58	5,58	1,67	-0,18	4,09
20/06/2010 20:00	7,3	4,84	0,14	-1,41	6,11
21/06/2010 20:00	6,38	6,42	0,60	-0,14	5,95
22/06/2010 20:00	4,57	6,37	0,79	0,00	5,57
23/06/2010 20:00	4,33	7,22	1,37	0,00	5,85
24/06/2010 20:00	4,65	7,97	1,59	0,85	5,53
25/06/2010 20:00	4,6	9,32	2,30	0,28	6,74
26/06/2010 20:00	4,5	9,57	0,05	-0,14	9,66
27/06/2010 20:00	5,19	11,05	2,44	1,69	6,92
28/06/2010 20:00	4,07	10,80	3,21	1,25	6,34
29/06/2010 20:00	4,75	11,02	1,53	-0,14	9,62
30/06/2010 20:00	5,18	7,14	0,93	-0,42	6,62
	129,57	229,45	44,0	5,52	179,94
Kc					1,4

Tabla B.41 Parcela 3 – BH - Julio 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/07/2010 20:00	4,21	13,35	0,08	1,66	11,61
02/07/2010 20:00	4,53	14,17	0,60	1,65	11,92
03/07/2010 20:00	4,37	12,01	0,44	0,14	11,44
04/07/2010 20:00	3,86	11,68	0,41	-0,14	11,40
05/07/2010 20:00	5,08	12,94	1,70	0,68	10,56
06/07/2010 20:00	5,1	16,18	0,90	0,68	14,60
07/07/2010 20:00	5,12	14,50	0,93	2,68	10,89
08/07/2010 20:00	4,94	26,55	7,59	-1,07	20,03
09/07/2010 20:00	5,12	17,32	1,75	0,40	15,17
10/07/2010 20:00	5,21	17,32	1,75	0,40	15,17
11/07/2010 20:00	5,18	14,33	2,66	-0,53	12,21
12/07/2010 20:00	4,82	13,59	4,66	-0,40	9,33
13/07/2010 20:00	4,9	14,59	4,11	0,40	10,08
14/07/2010 20:00	4,98	9,21	3,37	-0,94	6,78
15/07/2010 20:00	4,2	9,40	1,89	0,00	7,51
16/07/2010 20:00	4,24	9,50	1,67	-0,81	8,64
17/07/2010 20:00	4,89	9,50	1,67	0,14	7,70
18/07/2010 20:00	2,87	9,77	3,21	0,67	5,89
19/07/2010 20:00	4,18	10,43	3,21	-0,13	7,36
20/07/2010 20:00	4,64	9,12	3,21	0,13	5,78
21/07/2010 20:00	4,13	12,91	2,03	0,54	10,35
22/07/2010 20:00	4,32	13,32	3,21	-0,67	10,79
23/07/2010 20:00	4,38	11,12	3,21	-0,40	8,32
24/07/2010 20:00	4,77	12,59	0,96	0,54	11,09
25/07/2010 20:00	4,53	12,50	1,90	-0,27	10,87
26/07/2010 20:00	6,07	12,68	2,03	0,27	10,38
27/07/2010 20:00	4,55	12,73	1,30	0,00	11,43
28/07/2010 20:00	4,66	12,97	1,15	0,40	11,41
29/07/2010 20:00	4,26	14,22	1,48	0,40	12,33
30/07/2010 20:00	4,48	12,80	1,75	0,27	10,78
31/07/2010 20:00	2,68	12,55	4,03	0,40	8,12
	141,27	405,85	68,84	7,09	329,93
Kc					2,3

Tabla B.42 Parcela 3 – BH - Agosto 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/08/2010 20:00	4,08	10,93	3,21	-0,13	7,85
02/08/2010 20:00	4,25	11,00	0,25	-0,13	10,89
03/08/2010 20:00	3,88	11,47	0,41	0,00	11,06
04/08/2010 20:00	4,72	10,96	3,21	0,00	7,76
05/08/2010 20:00	5,44	10,90	1,67	-0,80	10,03
06/08/2010 20:00	5,19	10,75	3,94	0,00	6,80
07/08/2010 20:00	4,95	9,29	3,34	-0,54	6,49
08/08/2010 20:00	3,95	9,70	4,04	0,40	5,25
09/08/2010 20:00	4,73	7,59	2,21	0,00	5,39
10/08/2010 20:00	3,7	12,59	3,21	0,67	8,72
11/08/2010 20:00	4,45	10,87	3,40	0,53	6,94
12/08/2010 20:00	3,77	3,07	0,00	-2,34	5,41
13/08/2010 20:00	1,9	10,44	2,27	1,94	6,23
14/08/2010 20:00	4,9	0,00	0,27	-3,65	3,38
15/08/2010 20:00	3,21	1,27	1,21	-2,34	2,41
16/08/2010 20:00	3,84	7,76	1,73	2,75	3,29
17/08/2010 20:00	3,63	12,02	3,34	2,97	5,71
18/08/2010 20:00	4,39	26,19	9,20	6,17	10,82
19/08/2010 20:00	2,55	0,00	0,00	-4,83	4,84
20/08/2010 20:00	4,21	0,00	0,00	-3,62	3,62
21/08/2010 20:00	4,55	7,87	2,42	0,41	5,04
22/08/2010 20:00	4,46	7,96	1,71	1,08	5,17
23/08/2010 20:00	4,5	9,51	3,21	0,54	5,77
24/08/2010 20:00	4,26	10,47	3,37	-0,13	7,24
25/08/2010 20:00	4,33	10,01	3,31	0,27	6,43
26/08/2010 20:00	4,41	9,72	2,16	0,40	7,16
27/08/2010 20:00	4,87	9,64	1,23	-0,40	8,81
28/08/2010 20:00	5,27	10,00	0,11	0,80	9,09
29/08/2010 20:00	2,84	10,03	1,78	-0,13	8,39
30/08/2010 20:00	3,72	10,03	1,92	0,27	7,85
31/08/2010 20:00	3,06	9,68	3,21	0,66	5,81
TOTAL	128,01	281,76	71,33	0,80	209,63
Kc					1,6

Tabla B.43 Parcela 3 – BH - Septiembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/09/2010 20:00	2,42	10,29	4,41	0,66	5,22
02/09/2010 20:00	2,15	0,00	0,00	-3,20	3,20
03/09/2010 20:00	3,75	8,29	3,21	0,67	4,41
04/09/2010 20:00	3,58	8,29	3,01	0,54	4,74
05/09/2010 20:00	3,65	8,35	2,68	0,13	5,53
06/09/2010 20:00	3,42	8,65	2,77	0,27	5,62
07/09/2010 20:00	4,29	12,83	6,88	0,40	5,55
08/09/2010 20:00	4,95	10,56	4,22	1,90	4,44
09/09/2010 20:00	3,83	0,00	0,00	-3,64	3,64
10/09/2010 20:00	4,32	0,00	0,00	-3,54	3,53
11/09/2010 20:00	3,14	8,47	2,75	0,69	5,03
12/09/2010 20:00	3,34	8,34	1,89	1,50	4,95
13/09/2010 20:00	3,32	10,11	2,21	0,00	7,91
14/09/2010 20:00	3,13	8,30	3,21	-0,14	5,23
15/09/2010 20:00	3,12	8,30	3,21	0,27	4,83
16/09/2010 20:00	1,61	3,04	1,15	-2,14	4,03
17/09/2010 13:00	1,85	14,22	4,15	7,86	2,21
18/09/2010 16:00	2,03	0,00	3,33	-4,11	0,78
19/09/2010 20:00	2,63	4,82	2,41	1,07	1,34
20/09/2010 12:00	1,05	0,25	0,30	-1,47	1,42
21/09/2010 12:00	2,89	0,00	0,00	-3,54	3,54
22/09/2010 10:00	2,54	5,19	1,40	-0,41	4,20
23/09/2010 10:00	1,62	0,00	0,00	-1,63	1,63
24/09/2010 10:00	4,16	5,36	0,96	-1,29	5,69
25/09/2010 14:00	4,57	0,00	0,00	-2,69	2,69
26/09/2010 16:00	4,31	6,75	0,00	3,11	3,64
27/09/2010 18:00	2,11	0,00	0,00	-1,16	1,16
28/09/2010 20:00	2,11	5,47	0,58	3,47	1,42
29/09/2010 20:00	2,73	0,00	0,00	-1,13	1,13
30/09/2010 20:00	2,56	0,00	0,00	-0,48	0,48
	91,18	155,88	54,71	-8,02	109,20
Kc					1,2

Tabla B.44 Parcela 3 – BH - Octubre 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/10/2010 20:00	1,93	8,66	4,34	0,76	3,56
02/10/2010 20:00	2,23	6,63	0,00	3,36	3,27
03/10/2010 20:00	2,43	0,00	0,00	-4,06	4,07
04/10/2010 20:00	4,33	4,48	0,24	-1,43	5,67
05/10/2010 20:00	3,09	0,00	0,00	-3,30	3,30
06/10/2010 20:00	2,39	9,84	3,12	4,49	2,22
07/10/2010 20:00	2,59	0,00	0,00	-1,61	1,61
08/10/2010 20:00	2,16	14,03	7,04	3,97	3,02
09/10/2010 20:00	2,13	22,34	0,60	14,88	6,86
10/10/2010 20:00	1,8	0,00	0,00	-6,68	6,68
11/10/2010 20:00	1,87	34,68	18,60	11,54	4,54
12/10/2010 20:00	0,98	12,23	8,30	-5,20	9,14
13/10/2010 20:00	2,79	0,25	0,00	-4,74	5,00
14/10/2010 20:00	1,9	0,00	0,00	-3,06	3,06
15/10/2010 20:00	2,07	0,00	0,00	-3,12	3,12
16/10/2010 20:00	2,53	0,00	0,00	-3,49	3,49
17/10/2010 20:00	2,57	7,03	0,03	3,80	3,21
18/10/2010 20:00	3,68	0,00	0,00	-2,72	2,72
19/10/2010 20:00	3,11	7,04	0,93	2,55	3,56
20/10/2010 20:00	1,94	0,00	0,00	-2,82	2,82
21/10/2010 20:00	1,94	4,64	0,70	1,50	2,44
22/10/2010 20:00	1,65	4,64	0,70	1,19	2,75
23/10/2010 20:00	1,8	0,00	0,01	-3,18	3,17
24/10/2010 20:00	1,83	0,00	0,01	-2,39	2,38
25/10/2010 20:00	3,62	4,56	0,00	1,55	3,00
26/10/2010 20:00	2,56	4,56	0,00	1,82	2,74
27/10/2010 20:00	2,15	0,00	0,00	-2,38	2,38
28/10/2010 20:00	1,6	5,14	0,00	2,93	2,20
29/10/2010 20:00	1,13	5,14	0,00	2,52	2,62
30/10/2010 20:00	1,93	6,40	3,34	1,23	1,82
31/10/2010 20:00	1,75	5,65	1,89	2,30	1,46
TOTAL	70,48	167,90	49,87	10,15	107,87
Kc					1,5

Tabla B.45 Parcela 3 – BH - Noviembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/11/2010 20:00	1,74	0,00	0,27	-2,43	2,16
02/11/2010 20:00	4,78	0,00	0,00	-5,53	5,53
03/11/2010 20:00	1,86	0,00	0,00	-2,57	2,57
04/11/2010 20:00	1,7	6,88	0,00	4,79	2,08
05/11/2010 20:00	1,5	0,00	0,00	-2,66	2,66
06/11/2010 20:00	1,56	0,00	0,00	-1,70	1,70
07/11/2010 20:00	1,48	6,60	0,00	3,81	2,80
08/11/2010 20:00	1,64	0,00	0,00	-2,53	2,53
09/11/2010 20:00	2,47	0,00	0,00	-2,14	2,14
10/11/2010 20:00	2,93	0,00	0,08	-1,44	1,36
11/11/2010 20:00	1,60	7,21	0,00	5,13	2,08
12/11/2010 20:00	1,70	0,00	0,00	-1,98	1,98
13/11/2010 20:00	1,51	0,00	0,00	-1,28	1,28
14/11/2010 20:00	1,24	9,51	1,75	6,04	1,72
15/11/2010 20:00	1,61	0,00	0,00	-3,34	3,34
16/11/2010 20:00	2,54	0,76	0,00	-0,99	1,75
17/11/2010 20:00	0,68	0,00	0,00	-1,12	1,12
18/11/2010 20:00	1,55	9,98	2,11	5,40	2,46
19/11/2010 20:00	1,00	7,64	3,18	0,46	4,00
20/11/2010 20:00	1,60	0,00	0,00	-2,78	2,78
21/11/2010 20:00	1,48	0,00	0,00	-2,11	2,11
22/11/2010 20:00	2,00	9,17	3,04	3,78	2,35
23/11/2010 20:00	1,4	0,00	0,00	-2,65	2,66
24/11/2010 20:00	1,58	9,30	3,43	2,38	3,50
25/11/2010 20:00	1,40	0,00	0,00	-1,74	1,74
26/11/2010 20:00	1,36	0,00	0,00	-1,77	1,77
27/11/2010 20:00	1,10	0,00	0,00	-1,28	1,28
28/11/2010 20:00	1,98	0,00	0,00	-2,00	2,00
29/11/2010 20:00	0,56	16,20	3,40	10,22	2,58
30/11/2010 20:00	0,61	0,00	0,00	-2,05	2,05
TOTAL	50,16	83,24	17,26	-4,08	70,06
Kc					1,4

Tabla B.46 Parcela 3 – BH - Diciembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/12/2010 20:00	1,62	9,81	3,54	2,46	3,82
02/12/2010 20:00	0,86	0,00	0,00	-2,05	2,05
03/12/2010 20:00	1,15	0,00	0,00	-2,14	2,14
04/12/2010 20:00	0,99	10,02	3,62	3,65	2,76
05/12/2010 20:00	0,54	0,00	0,00	-1,23	1,23
06/12/2010 20:00	1,48	9,96	3,43	2,99	3,54
07/12/2010 20:00	1,19	0,51	0,00	-1,62	2,14
08/12/2010 20:00	2,19	9,96	4,06	2,16	3,73
09/12/2010 20:00	1,47	1,01	0,00	-1,21	2,23
10/12/2010 20:00	0,24	0,25	0,00	-3,62	3,87
11/12/2010 20:00	0,42	0,00	0,00	-3,48	3,48
12/12/2010 20:00	0,6	0,00	0,00	-3,07	3,07
TOTAL	12,75	41,52	14,63	-7,17	34,06
Kc					2,7

Tabla B.47 Parcela 3 – BH - Enero 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/01/2011 20:00	0,78	0,00	0,00		
02/01/2011 20:00	1,04	0,00	0,00		
03/01/2011 20:00	1,41	0,00	0,00		
04/01/2011 20:00	1,01	23,34	0,00		
05/01/2011 20:00	0,63	0,00	0,00		
06/01/2011 20:00	1,1	23,34	4,58		
07/01/2011 20:00	1,69	0,00	0,00		
08/01/2011 20:00	1,53	0,00	0,00	-1,73	1,73
09/01/2011 20:00	1,58	0,00	0,00	-1,48	1,48
10/01/2011 20:00	0,81	0,00	0,00	-0,92	0,92
11/01/2011 20:00	1,7	6,04	0,14	2,67	3,23
12/01/2011 20:00	2,17	6,10	2,28	-0,13	3,95
13/01/2011 20:00	1,37	0,00	0,00	-2,06	2,07
14/01/2011 20:00	1,24	7,57	3,59	2,06	1,92
15/01/2011 20:00	1,11	0,00	0,00	-1,93	1,93
16/01/2011 20:00	0,77	6,94	3,54	2,07	1,34
17/01/2011 20:00	0,84	0,00	0,00	-1,75	1,75
18/01/2011 20:00	0,77	0,00	0,00	-1,77	1,77
19/01/2011 20:00	0,96	0,00	0,00	-1,34	1,34
20/01/2011 20:00	0,9	7,28	2,99	2,44	1,86
21/01/2011 20:00	2,65	0,00	0,00	-2,33	2,33
22/01/2011 20:00	1,53	0,00	0,00	-0,69	0,69
23/01/2011 20:00	1,81	7,40	1,31	3,16	2,93
24/01/2011 20:00	1,51	0,00	0,00	-1,73	1,73
25/01/2011 20:00	1,4	8,47	3,21	3,62	1,64
26/01/2011 20:00	0,33	9,72	0,27	4,37	5,08
27/01/2011 20:00	0,42	8,15	5,20	1,04	1,90
28/01/2011 20:00	0,45	0,50	1,84	-3,01	1,68
29/01/2011 20:00	0,99	0,00	1,37	-1,60	0,23
30/01/2011 20:00	1,1	3,58	0,41	0,93	2,24
31/01/2011 20:00	1,08	0,00	0,00	-2,01	2,01
TOTAL	36,68	118,43	30,71	-2,14	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	29,02				47,76
Kc					1,6

Tabla B.48 Parcela 3 – BH - Febrero 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/02/2011 20:00	2,9	0,00	0,00	-2,30	2,30
02/02/2011 20:00	3,65	0,00	0,00	-2,06	2,06
03/02/2011 20:00	2,62	0,00	0,00	-1,67	1,67
04/02/2011 20:00	1,79	0,00	0,00	-1,26	1,26
05/02/2011 20:00	1,43	7,25	0,00	6,48	0,76
06/02/2011 20:00	1,81	6,89	3,21	1,35	2,34
07/02/2011 20:00	1,41	0,00	0,00	-2,02	2,02
08/02/2011 20:00	1,08	6,89	3,21	2,16	1,53
09/02/2011 20:00	1,12	0,00	0,19	-1,89	1,69
10/02/2011 20:00	1,16	8,73	3,21	2,29	3,23
11/02/2011 20:00	1,11	0,00	0,68	-1,88	1,20
12/02/2011 20:00	1,41	0,00	0,00	-2,18	2,18
13/02/2011 20:00	1,71	1,77	0,00	0,14	1,63
14/02/2011 20:00	1,65	3,81	0,00	1,50	2,31
15/02/2011 20:00	0,86	0,00	0,14	-1,23	1,09
16/02/2011 20:00	1,08	0,00	0,58	-2,06	1,49
17/02/2011 20:00	1,13	0,00	0,00	-1,81	1,81
18/02/2011 20:00	3,18	0,00	0,00	-1,55	1,55
19/02/2011 20:00	1,44	0,00	0,00	-0,99	0,99
20/02/2011 20:00	1,72	0,00	0,00	-1,28	1,28
21/02/2011 20:00	2,91	8,57	0,00	7,97	0,60
22/02/2011 20:00	3,33	8,72	3,21	2,03	3,48
23/02/2011 20:00	3,19	0,00	0,41	-3,13	2,72
24/02/2011 20:00	1,87	8,62	3,01	4,13	1,47
25/02/2011 20:00	1,88	0,00	3,21	-4,13	0,92
26/02/2011 20:00	1,99	0,00	3,21	-5,27	2,07
27/02/2011 20:00	2,96	0,00	3,21	-4,89	1,69
28/02/2011 20:00	2,41	8,64	0,00	3,43	5,21
TOTAL	54,80	69,88	27,45	-10,13	52,56
Kc					1,0

Tabla B.49 Parcela 3 – BH - Marzo 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/03/2011 20:00	3,45	0,00	0,00	-1,79	1,79
02/03/2011 20:00	2,64	0,00	0,00	-2,37	2,37
03/03/2011 20:00	1,51	2,53	0,00	1,26	1,27
04/03/2011 20:00	1,18	11,51	0,51	7,90	3,10
05/03/2011 20:00	1,66	0,00	0,00	-2,44	2,44
06/03/2011 20:00	1,85	0,00	0,00	-2,48	2,47
07/03/2011 20:00	1,76	0,25	0,00	-1,81	2,06
08/03/2011 20:00	1,3	0,00	0,00	-0,70	0,70
09/03/2011 20:00	0,86	0,00	0,00	-0,99	0,99
10/03/2011 20:00	1,82	3,30	0,00	-0,14	3,44
11/03/2011 20:00	1	47,58	20,29	20,29	7,00
12/03/2011 20:00	1,28	0,25	0,00	-2,99	3,25
13/03/2011 20:00	2,25	1,01	0,00	-1,98	2,99
14/03/2011 20:00	0,72	2,27	0,00	0,40	1,87
15/03/2011 20:00	1,36	2,02	0,96	0,40	0,66
16/03/2011 20:00	2,35	0,00	0,27	-2,94	2,67
17/03/2011 20:00	3,06	0,00	0,27	-2,45	2,17
18/03/2011 20:00	4,31	0,00	0,00	-1,79	1,79
19/03/2011 20:00	2,43	0,00	0,00	-1,53	1,53
20/03/2011 20:00	2,74	7,04	0,41	3,73	2,89
21/03/2011 20:00	2,05	2,06	0,00	-0,96	3,02
22/03/2011 20:00	1,69	23,97	5,28	12,86	5,82
23/03/2011 20:00	0,79	0,50	0,00	-2,61	3,10
24/03/2011 20:00	1,26	0,00	0,00	-1,32	1,32
25/03/2011 20:00	1,92	0,00	0,00	-3,96	3,96
26/03/2011 20:00	2,12	0,00	0,00	-2,50	2,50
27/03/2011 20:00	2,46	0,00	0,00	-2,20	2,20
28/03/2011 20:00	2,7	10,42	1,34	2,64	6,44
29/03/2011 20:00	2,93	0,00	0,00	-3,10	3,09
30/03/2011 20:00	2,95	8,39	1,64	2,20	4,55
31/03/2011 20:00	2,93	0,00	0,00	-3,73	3,73
TOTAL	63,33	123,09	31,01	4,89	87,20
Kc					1,4

Tabla B.50 Parcela 3 – BH - Abril 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/04/2011 20:00	3,05	8,13	1,04	2,62	4,47
02/04/2011 20:00	2,68	0,00	0,00		
03/04/2011 20:00	1,85	8,49	1,73		
04/04/2011 20:00	2,62	0,00	0,08		
05/04/2011 20:00	3,01	8,43	1,15	2,38	4,91
06/04/2011 20:00	3,18	0,00	0,00	-3,03	3,03
07/04/2011 20:00	3,24	8,31	0,63		
08/04/2011 20:00	3,55	0,00	0,00		
09/04/2011 20:00	4,04	0,00	0,00		
10/04/2011 20:00	3,12	8,43	0,00		
11/04/2011 20:00	4,6	0,00	0,00		
12/04/2011 20:00	4,67	15,10	1,75		
13/04/2011 20:00	3,48	11,73	2,58		
14/04/2011 20:00	3,00	10,34	2,99	2,85	4,51
15/04/2011 20:00	3,05	0,00	0,00	-3,15	3,15
16/04/2011 20:00	1,83	0,00	0,00	-2,93	2,93
17/04/2011 20:00	3,13	11,29	1,75	4,93	4,61
18/04/2011 20:00	3,21	13,23	1,75	5,55	5,93
19/04/2011 20:00	2,98	11,20	3,50	2,91	4,79
20/04/2011 20:00	2,63	0,25	0,00	-2,05	2,30
21/04/2011 20:00	1,14	35,63	17,70	13,28	4,66
22/04/2011 20:00	2,08	0,00	0,00	-2,87	2,87
23/04/2011 20:00	2,68	0,25	0,00	-2,65	2,91
24/04/2011 20:00	2,22	2,02	0,00	-0,35	2,36
25/04/2011 20:00	1,82	16,59	3,53	4,94	8,12
26/04/2011 20:00	4,21	0,00	0,00	-4,57	4,57
27/04/2011 20:00	4,51	8,89	0,00	2,44	6,46
28/04/2011 20:00	2,27	0,50	0,00	-2,57	3,07
29/04/2011 20:00	2,24	0,00	0,00	-3,17	3,17
30/04/2011 20:00	3,65	0,00	0,00	-2,38	2,38
TOTAL	89,74	178,82	40,19	12,18	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	55,89				81,17
Kc					1,5

Tabla B.51 Parcela 3 – BH - Mayo 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/05/2011 20:00	3,02	0,25	0,00	-1,99	2,24
02/05/2011 20:00	3	0,50	0,00	-3,01	3,51
03/05/2011 20:00	2,41	10,63	0,00	4,54	6,09
04/05/2011 20:00	4,88	10,97	2,85	2,91	5,20
05/05/2011 20:00	3,8	0,00	0,00	-3,89	3,90
06/05/2011 20:00	3,88	13,71	2,66	7,56	3,49
07/05/2011 20:00	1,29	1,80	0,00	-4,36	6,16
08/05/2011 20:00	4,27	0,00	0,00	-3,34	3,34
09/05/2011 20:00	4,17	0,00	0,00	-1,98	1,98
10/05/2011 20:00	2,7	0,00	0,00	-1,57	1,57
11/05/2011 20:00	4,1	10,80	0,00	4,82	5,98
12/05/2011 20:00	3,73	10,68	1,89	3,36	5,43
13/05/2011 20:00	3,33	10,70	3,21	2,37	5,12
14/05/2011 20:00	3,54	7,15	2,14	0,73	4,29
15/05/2011 20:00	5,27	0,00	0,00	-4,44	4,44
16/05/2011 20:00	3,86	0,00	0,00	-2,98	2,98
17/05/2011 20:00	3,93	10,54	0,05	5,79	4,69
18/05/2011 20:00	2,61	0,00	0,00	-2,66	2,66
19/05/2011 20:00	2,34	0,00	0,00	-2,27	2,27
20/05/2011 20:00	5,15	10,60	0,05	4,10	6,45
21/05/2011 20:00	4,48	10,60	3,18	1,67	5,76
22/05/2011 20:00	4,4	10,74	3,56	0,55	6,63
23/05/2011 20:00	4,58	0,00	0,00	-4,47	4,47
24/05/2011 20:00	4,68	0,00	0,00	-4,85	4,85
25/05/2011 20:00	5,21	16,27	3,21	6,80	6,27
26/05/2011 20:00	5,06	1,81	0,00	-2,86	4,67
27/05/2011 20:00	5,42	12,21	0,00	5,07	7,14
28/05/2011 20:00	2,39	0,00	0,00	-5,05	5,05
29/05/2011 20:00	2,46	0,00	0,00	-2,96	2,96
30/05/2011 20:00	3,07	13,83	2,30	7,32	4,21
31/05/2011 20:00	3,08	0,00	0,00	-0,40	0,40
TOTAL	116,11	163,79	25,11	4,50	134,18
Kc					1,2

Tabla B.52 Parcela 3 – BH - Junio 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/06/2011 20:00	5,13	12,54	1,75	3,48	7,31
02/06/2011 20:00	5,35	4,12	0,00	-0,70	4,82
03/06/2011 20:00	3,9	26,38	6,88	12,08	7,42
04/06/2011 20:00	2,66	0,00	0,00	-4,91	4,91
05/06/2011 20:00	2,39	0,00	0,00	-4,24	4,24
06/06/2011 20:00	3,78	2,32	0,00	-2,09	4,41
07/06/2011 20:00	2,87	0,00	0,00	-1,97	1,97
08/06/2011 20:00	4,22	0,00	0,00	-2,43	2,43
09/06/2011 20:00	4,6	6,34	0,00	2,14	4,20
10/06/2011 20:00	3,91	0,00	0,00	-2,45	2,45
11/06/2011 20:00	3,25	6,51	0,00	3,11	3,40
12/06/2011 20:00	3,47	7,82	0,55	0,93	6,34
13/06/2011 20:00	3,96	9,71	1,75	3,20	4,75
14/06/2011 20:00	4,38	0,00	0,00	-4,29	4,29
15/06/2011 20:00	4,72	8,09	0,00	3,63	4,46
16/06/2011 20:00	4,66	0,00	0,00	-5,13	5,13
17/06/2011 20:00	4,72	8,04	0,55	2,28	5,21
18/06/2011 20:00	4,81	9,59	0,55	3,37	5,67
19/06/2011 20:00	4,67	8,07	0,66	1,94	5,47
20/06/2011 20:00	3,07	11,65	1,75	3,75	6,14
21/06/2011 20:00	4,3	7,84	1,73	0,14	5,98
22/06/2011 20:00	4,97	9,26	3,21	0,69	5,37
23/06/2011 20:00	5,26	0,00	0,00	-5,47	5,47
24/06/2011 20:00	4,38	0,00	0,00	-5,18	5,18
25/06/2011 20:00	2,81	13,69	2,99	4,54	6,17
26/06/2011 20:00	5,07	12,61	1,75	4,00	6,85
27/06/2011 20:00	5,14	11,91	3,21	2,29	6,42
28/06/2011 20:00	4,97	9,02	1,48	-0,21	7,75
29/06/2011 20:00	4,95	9,46	3,18	-1,45	7,74
30/06/2011 20:00	4,37	7,93	3,10	-2,00	6,84
TOTAL	126,74	202,90	35,06	9,05	158,79
Kc					1,3

Tabla B.53 Parcela 3 – BH - Julio 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/07/2011 20:00	3,81	6,66	2,66	0,00	4,01
02/07/2011 20:00	3,96	7,07	2,44	0,54	4,08
03/07/2011 20:00	4,06	7,83	2,74	1,08	4,00
04/07/2011 20:00	2,7	6,71	2,03	1,59	3,09
05/07/2011 20:00	4,14	6,71	2,52	-2,14	6,33
06/07/2011 20:00	4,76	8,66	1,10	-0,54	8,11
07/07/2011 20:00	5,36	8,23	1,75	-0,41	6,88
08/07/2011 20:00	5,13	6,56	0,99	0,41	5,16
09/07/2011 20:00	4,26	4,52	0,47	-1,09	5,14
10/07/2011 20:00	3,39	4,52	0,49	-1,24	5,26
11/07/2011 20:00	5,05	7,01	0,00	0,14	6,88
12/07/2011 20:00	4,21	12,44	3,21	1,37	7,86
13/07/2011 20:00	4,36	4,91	0,95	-1,89	5,86
14/07/2011 20:00	5,68	10,14	2,82	0,38	6,94
15/07/2011 20:00	4,59	6,42	0,96	1,51	3,95
16/07/2011 20:00	2,84	6,42	0,96	0,45	5,01
17/07/2011 20:00	4,78	0,00	0,00	-4,44	4,44
18/07/2011 20:00	5,86	5,32	0,00	-0,59	5,91
19/07/2011 20:00	4,41	7,47	0,00	2,42	5,04
20/07/2011 20:00	6,68	7,47	0,00	0,09	7,38
21/07/2011 20:00	4,04	9,07	1,81	0,83	6,43
22/07/2011 20:00	3,77	8,99	1,45	1,10	6,44
23/07/2011 20:00	2,35	8,96	1,75	-0,14	7,35
24/07/2011 20:00	3,96	9,01	1,75	0,55	6,71
25/07/2011 20:00	4,58	8,91	1,75	0,14	7,02
26/07/2011 20:00	5,27	8,96	2,85	0,14	5,97
27/07/2011 20:00	4,59	8,92	3,21	0,82	4,90
28/07/2011 20:00	4,27	11,15	3,21	3,42	4,52
29/07/2011 20:00	2,73	4,81	3,51	-2,17	3,47
30/07/2011 20:00	1,49	0,76	0,82	-2,25	2,19
31/07/2011 20:00	2,02	8,95	3,18	3,15	2,61
TOTAL	129,10	223,54	51,35	3,24	168,94
Kc					1,3

Tabla B.54 Parcela 3 – BH - Agosto 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/08/2011 20:00	2,63	8,96	3,21	0,67	5,09
02/08/2011 20:00	3,17	9,09	2,44	0,13	6,52
03/08/2011 20:00	4,1	9,86	3,21	-0,53	7,19
04/08/2011 20:00	4,22	9,56	3,21	-0,13	6,49
05/08/2011 20:00	4,3	11,01	3,21	-3,24	11,05
06/08/2011 20:00	3,55	10,27	3,21	0,45	6,61
07/08/2011 20:00	4,37	8,20	3,76	-1,14	5,58
08/08/2011 20:00	4,63	0,00	0,00	-5,15	5,15
09/08/2011 20:00	5,08	0,00	0,00	-5,78	5,78
10/08/2011 20:00	3,66	9,86	0,00	0,97	8,90
11/08/2011 20:00	3,77	20,39	3,21	8,86	8,32
12/08/2011 20:00	3,48	12,00	3,48	0,69	7,83
13/08/2011 20:00	3,94	8,17	3,21	-0,83	5,79
14/08/2011 20:00	3,12	7,76	2,30	-0,55	6,01
15/08/2011 20:00	4,34	7,76	2,16	0,00	5,60
16/08/2011 20:00	4	5,28	2,08	-0,28	3,47
17/08/2011 20:00	4,04	7,05	1,94	0,00	5,10
18/08/2011 20:00	4,31	7,24	2,27	-0,14	5,11
19/08/2011 20:00	3,46	6,93	2,41	-0,14	4,66
20/08/2011 20:00	4,3	6,85	2,03	-0,56	5,37
21/08/2011 20:00	4,93	6,82	2,11	0,00	4,71
22/08/2011 20:00	4,79	6,82	2,16	0,00	4,66
23/08/2011 20:00	4,58	6,82	1,75	0,14	4,93
24/08/2011 20:00	4,13	6,82	1,89	-0,14	5,07
25/08/2011 20:00	4,04	6,82	1,84	-0,70	5,68
26/08/2011 20:00	4,35	6,82	1,75	-0,98	6,05
27/08/2011 20:00	6,67	6,82	1,89	-0,14	5,07
28/08/2011 20:00	3,9	6,82	1,78	-0,42	5,46
29/08/2011 20:00	3,77	7,04	1,73	0,00	5,32
30/08/2011 20:00	3,75	6,45	1,64	0,42	4,38
31/08/2011 20:00	3,58	7,16	2,16	0,98	4,02
TOTAL	126,96	241,47	68,02	-7,53	180,98
Kc					1,4

Tabla B.55 Parcela 3 – BH - Septiembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/09/2011 20:00	3,12	7,26	2,66	0,00	4,61
02/09/2011 20:00	2,98	7,05	1,75	0,14	5,15
03/09/2011 20:00	3,04	7,04	1,75	-0,14	5,43
04/09/2011 20:00	3,52	0,00	0,00	-5,12	5,12
05/09/2011 20:00	4,8	0,00	0,00	-3,06	3,06
06/09/2011 20:00	4,24	4,81	0,00	1,32	3,50
07/09/2011 20:00	3,46	0,00	0,00	-2,35	2,35
08/09/2011 20:00	3,61	0,00	0,00	-3,20	3,20
09/09/2011 20:00	3,66	10,83	1,37	4,67	4,79
10/09/2011 20:00	3,54	0,00	0,00	-1,91	1,91
11/09/2011 20:00	3,6	0,00	0,00	-1,49	1,49
12/09/2011 20:00	3,38	12,72	5,10	3,99	3,64
13/09/2011 20:00	3,32	0,00	0,00	-4,13	4,13
14/09/2011 20:00	3,42	0,00	0,00	-4,98	4,98
15/09/2011 20:00	3,42	19,66	3,21	8,85	7,60
16/09/2011 20:00	3,36	20,45	4,58	7,96	7,91
17/09/2011 20:00	3,14	0,00	0,00	-4,53	4,53
18/09/2011 20:00	2,5	0,00	0,00	-3,04	3,04
19/09/2011 20:00	4,84	0,00	0,00	-2,05	2,05
20/09/2011 20:00	3,57	13,71	4,17	4,66	4,88
21/09/2011 20:00	3,04	0,00	0,00	-2,75	2,75
22/09/2011 20:00	2,88	0,00	0,00	-1,76	1,76
23/09/2011 20:00	2,27	15,26	4,16	7,93	3,17
24/09/2011 20:00	2,17	1,27	0,96	-3,85	4,16
25/09/2011 20:00	2,6	0,00	0,00	-2,61	2,61
26/09/2011 20:00	2,72	0,00	0,00	-0,59	0,59
27/09/2011 20:00	2,84	0,00	0,00	-1,33	1,33
28/09/2011 20:00	2,97	0,00	0,00	-1,48	1,48
29/09/2011 20:00	3,44	14,24	3,89	6,01	4,34
30/09/2011 20:00	3,02	0,00	0,00	-2,76	2,75
TOTAL	98,47	134,31	33,59	-7,59	108,31
Kc					1,1

Tabla B.56 Parcela 3 – BH – Octubre 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/10/2011 20:00	2,88	0,00	0,00	-1,76	1,76
02/10/2011 20:00	3,32	0,00	0,00	-1,19	1,19
03/10/2011 20:00	2,68	13,99	4,13	4,55	5,30
04/10/2011 20:00	2,9	0,00	0,00	-2,04	2,04
05/10/2011 20:00	3,04	0,00	0,00	-1,62	1,62
06/10/2011 20:00	2,91	14,30	3,75	5,68	4,86
07/10/2011 20:00	3,83	14,39	3,34	3,43	7,62
08/10/2011 20:00	5,05	0,00	0,00	-5,59	5,59
09/10/2011 20:00	3,74	14,52	3,45	5,15	5,92
10/10/2011 20:00	2,59	0,00	0,00	-3,85	3,84
11/10/2011 20:00	2,77	0,00	0,00	-2,47	2,47
12/10/2011 20:00	2,88	14,75	3,81	6,17	4,77
13/10/2011 20:00	2,92	0,50	0,00	-3,13	3,63
14/10/2011 20:00	2,61	0,00	0,00	-1,88	1,88
15/10/2011 20:00	1,51	0,00	0,00	-1,60	1,60
16/10/2011 20:00	1,65	14,35	3,76	6,61	3,98
17/10/2011 20:00	1,57	0,00	0,00	-3,42	3,42
18/10/2011 20:00	2,11	0,00	0,00	-2,03	2,03
19/10/2011 20:00	2,01	14,54	3,48	6,29	4,77
20/10/2011 20:00	3,17	0,25	0,38	-1,97	1,84
21/10/2011 20:00	2,58	0,00	0,00	-1,15	1,15
22/10/2011 20:00	1,51	1,01	0,00	0,13	0,88
23/10/2011 20:00	1,4	18,56	13,62	3,88	1,07
24/10/2011 20:00	1,3	0,00	0,00	-1,21	1,21
25/10/2011 20:00	1,82	0,00	0,00	-1,52	1,52
26/10/2011 20:00	2,04	17,19	7,78	6,82	2,59
27/10/2011 20:00	1,48	0,00	0,00	-2,33	2,34
28/10/2011 20:00	1,74	0,00	0,00	-2,50	2,50
29/10/2011 20:00	2,02	0,00	0,00	-2,12	2,12
30/10/2011 20:00	1,14	0,00	0,00	-1,57	1,57
31/10/2011 20:00	1,9	0,00	0,00	-1,44	1,44
TOTAL	73,17	138,34	47,50	2,33	88,52
Kc					1,21

Tabla B.57 Parcela 3 – BH - Noviembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/11/2011 20:00	1,62	0,00	0,00	-0,58	0,58
02/11/2011 20:00	1,66	16,06	3,48	10,94	1,63
03/11/2011 20:00	0,81	5,61	5,03	0,00	0,58
04/11/2011 20:00	1,44	1,01	2,62	-2,19	0,58
05/11/2011 20:00	0,62	1,27	3,21	-2,72	0,79
06/11/2011 20:00	3,17	3,29	2,03	0,27	0,99
07/11/2011 20:00	0,8	0,00	0,14	-2,49	2,35
08/11/2011 20:00	1,16	0,00	0,00	-2,24	2,24
09/11/2011 20:00	1,57	0,00	0,00	-1,56	1,56
10/11/2011 20:00	1,49	0,00	0,00	-1,29	1,29
11/11/2011 20:00	1,36	0,00	0,00	-1,01	1,01
12/11/2011 20:00	1,53	0,25	0,00	-0,72	0,97
13/11/2011 20:00	1,59	17,09	1,75	9,31	6,03
14/11/2011 20:00	0,58	70,73	58,06	7,37	5,30
15/11/2011 20:00	0,97	0,00	0,00	-4,37	4,37
16/11/2011 20:00	1,35	0,00	0,00	-2,10	2,10
17/11/2011 20:00	1,46	0,00	0,00	-2,67	2,67
18/11/2011 20:00	0,88	7,13	3,15	1,08	2,90
19/11/2011 20:00	1,04	10,46	3,56	4,51	2,39
20/11/2011 20:00	0,66	52,64	39,48	8,50	4,66
21/11/2011 20:00	0,36	24,53	12,52	7,68	4,33
22/11/2011 20:00	0,64	1,52	5,23	-9,14	5,44
23/11/2011 20:00	1,76	0,00	0,00	-3,14	3,14
24/11/2011 20:00	1,52	0,00	0,00	-2,49	2,49
25/11/2011 20:00	1,21	0,00	0,00	-2,23	2,23
26/11/2011 20:00	1,44	0,00	0,00	-1,52	1,52
27/11/2011 20:00	1,25	0,00	0,00	-1,25	1,25
28/11/2011 20:00	1,72	0,00	0,00	-1,12	1,12
29/11/2011 20:00	1,19	0,00	0,00	-1,13	1,13
30/11/2011 20:00	1,12	0,00	0,00	-0,71	0,71
TOTAL	37,97	211,59	140,24	3,01	68,33
Kc					1,80

Tabla B.58 Parcela 3 – BH - Diciembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 3			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/12/2011 20:00	0,92	5,87	0,11	4,07	1,69
02/12/2011 20:00	0,91	0,00	0,00	-0,72	0,72
03/12/2011 20:00	1,69	0,00	0,00	-0,95	0,95
04/12/2011 20:00	0,63	0,00	0,00	-1,55	1,55
05/12/2011 20:00	1,26	0,00	0,00	-1,28	1,28
06/12/2011 20:00	1,43	0,00	0,00	-0,86	0,86
07/12/2011 20:00	1,2	0,00	0,00	-0,72	0,72
08/12/2011 20:00	1,24	0,00	0,00	-0,58	0,58
09/12/2011 20:00	0,88	0,00	0,00	-0,29	0,29
10/12/2011 20:00	0,71	0,00	0,00	-0,43	0,43
11/12/2011 20:00	0,8	0,00	0,00	-0,29	0,29
12/12/2011 20:00	0,62	0,00	0,00	-0,29	0,29
13/12/2011 20:00	1,18	0,00	0,00	-0,44	0,44
14/12/2011 20:00	1,4	10,89	0,00	9,89	1,00
15/12/2011 20:00	0,57	0,00	0,00	-1,86	1,86
16/12/2011 20:00	1,17	0,00	0,00	-1,77	1,77
17/12/2011 20:00	2,11	0,00	0,00	-1,11	1,11
18/12/2011 20:00	1,78	0,00	0,00	-1,56	1,56
19/12/2011 20:00	1	0,00	0,00	-1,00	1,00
20/12/2011 20:00	1,39	0,00	0,00	-0,86	0,86
21/12/2011 20:00	2,38	11,27	0,55	10,28	0,44
22/12/2011 20:00	2,7	0,00	0,00	-1,85	1,85
23/12/2011 20:00	1,42	0,00	0,00	-2,49	2,49
24/12/2011 20:00	1,83	0,00	0,00	-1,82	1,82
25/12/2011 20:00	1,66	0,00	0,00	-1,13	1,13
26/12/2011 20:00	1,11	0,00	0,00	-0,99	0,99
27/12/2011 20:00	1,11	0,00	0,00	-0,57	0,57
28/12/2011 20:00	1,17	10,94	1,75	7,79	1,40
29/12/2011 20:00	1,02	0,00	0,00	-1,11	1,11
30/12/2011 20:00	2,64	0,00	0,00	-1,06	1,06
31/12/2011 20:00	1,39	0,00	0,00	-1,95	1,95
TOTAL	41,32	38,97	2,41	2,54	34,03
Kc					0,8

Tabla B.59 Parcela 4 – BH - Marzo 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/03/2010 20:00	2,36	0,00	0,97	-3,03	2,05
02/03/2010 20:00	2,37	15,32	3,28	10,03	2,01
03/03/2010 20:00	1,39	0,00	0,00	-1,00	1,00
04/03/2010 20:00	2,37	8,63	4,66	-0,05	4,03
05/03/2010 20:00	1,92	7,35	4,04	-3,47	6,77
06/03/2010 20:00	1,84	0,00	0,00	-2,53	2,53
07/03/2010 20:00	0,99	9,19	5,37	2,47	1,35
08/03/2010 20:00	2,52	0,00	0,30	-3,74	3,44
09/03/2010 20:00	3,23	0,00	0,69		
10/03/2010 20:00	1,6	6,63	3,05		
11/03/2010 20:00	2,14	0,00	0,39	-2,13	1,73
12/03/2010 20:00	0,98	0,00	0,00	-0,32	0,32
13/03/2010 20:00	2,84	6,45	2,81	0,74	2,90
14/03/2010 20:00	2,8	0,00	0,00	-2,72	2,73
15/03/2010 20:00	2,44	0,00	0,00	-1,90	1,89
16/03/2010 20:00	2,13	9,55	3,86	3,19	2,50
17/03/2010 20:00	2,17	0,00	0,00	-2,67	2,67
18/03/2010 20:00	1,58	0,25	0,00	-1,61	1,87
19/03/2010 20:00	1,02	9,53	1,60	6,35	1,57
20/03/2010 20:00	1,5	2,03	1,78	-1,18	1,43
21/03/2010 20:00	1,94	4,75	1,08	2,42	1,25
22/03/2010 20:00	1,82	0,00	2,36	-2,75	0,38
23/03/2010 20:00	1,47	0,00	2,02	-2,68	0,66
24/03/2010 20:00	0,91	0,00	0,00	-0,47	0,47
25/03/2010 20:00	1,62	6,22	3,04	1,79	1,39
26/03/2010 20:00	4,59	0,00	0,00	-0,22	0,22
27/03/2010 20:00	2,86	6,03	0,20	2,82	3,02
28/03/2010 20:00	2,63	0,00	0,00	-2,82	2,82
29/03/2010 20:00	2,69	6,23	0,31	4,33	1,59
30/03/2010 20:00	5,47	12,18	5,30	-0,65	7,54
31/03/2010 20:00	3,06	0,00	0,42	-3,95	3,53
TOTAL	69,3	110,3	47,5	-5,74	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	64,4				65,7
Kc					1,0

Tabla B.60 Parcela 4 – BH - Abril 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/04/2010 20:00	3,43	0,00	0,06	-2,78	2,72
02/04/2010 20:00	2,64	0,00	0,00	-2,70	2,70
03/04/2010 20:00	2,61	3,85	0,06	0,21	3,58
04/04/2010 20:00	4,05	2,48	0,00	-0,21	2,69
05/04/2010 20:00	3,28	0,00	0,00	-1,47	1,47
06/04/2010 20:00	2,64	6,06	0,28	3,83	1,95
07/04/2010 20:00	1,88	9,40	2,39	4,19	2,82
08/04/2010 20:00	2,88	0,00	0,00	-3,33	3,33
09/04/2010 20:00	2,95	9,80	2,68	4,01	3,11
10/04/2010 20:00	3,52	9,82	3,75	2,02	4,04
11/04/2010 20:00	4,11	0,00	0,00	-3,11	3,11
12/04/2010 20:00	2,07	27,49	7,51	14,81	5,16
13/04/2010 20:00	0,84	0,49	0,00	-3,38	3,87
14/04/2010 20:00	1,31	0,00	0,00	-4,11	4,11
15/04/2010 20:00	2,28	0,00	0,00	-4,02	4,02
16/04/2010 20:00	1,96	9,13	0,93	7,39	0,81
17/04/2010 20:00	0,63	0,25	0,76	-2,35	1,84
18/04/2010 20:00	1,42	0,50	2,07	-4,80	3,24
19/04/2010 20:00	3,39	0,00	0,00	-2,89	2,90
20/04/2010 20:00	3,08	0,00	0,00	-0,91	0,91
21/04/2010 20:00	3,13	5,65	0,93	1,64	3,08
22/04/2010 20:00	1,32	1,51	0,82	0,16	0,53
23/04/2010 20:00	2,48	4,46	2,23	-1,21	3,44
24/04/2010 20:00	3,6	0,00	0,00	-2,80	2,80
25/04/2010 20:00	2,79	0,00	0,06	-1,64	1,59
26/04/2010 20:00	3,87	5,95	0,54	-0,66	6,07
27/04/2010 20:00	3,89	0,00	0,00	-4,35	4,35
28/04/2010 20:00	3,96	6,14	0,23	1,69	4,23
29/04/2010 20:00	3,44	6,13	0,82	4,00	1,31
30/04/2010 20:00	1,7	2,79	0,51	-0,95	3,23
TOTAL	81,2	111,9	26,6	-3,72	89,0
Kc					1,1

Tabla B.61 Parcela 4 – BH - Mayo 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/05/2010 20:00	1,52	0,00	0,00	-0,73	0,73
02/05/2010 20:00	3,04	25,99	4,33	20,51	1,15
03/05/2010 20:00	1,5	1,78	3,17	-5,65	4,26
04/05/2010 20:00	4,21	0,00	0,70	-5,89	5,19
05/05/2010 20:00	5,29	0,00	0,23	-5,28	5,06
06/05/2010 20:00	4,28	16,28	0,71	14,30	1,27
07/05/2010 20:00	1,74	2,30	3,87	-6,04	4,47
08/05/2010 20:00	3,78	0,51	1,07	-4,88	4,31
09/05/2010 20:00	2,97	0,00	0,20	-3,60	3,41
10/05/2010 20:00	3,58	6,63	0,85	1,51	4,27
11/05/2010 20:00	3,41	3,07	0,67	-2,48	4,88
12/05/2010 20:00	3,85	0,25	0,00	-1,97	2,21
13/05/2010 20:00	3,33	3,40	0,14	0,09	3,17
14/05/2010 20:00	3,19	3,08	0,48	-0,09	2,69
15/05/2010 20:00	4,98	6,17	0,48	1,25	4,43
16/05/2010 20:00	4,85	6,46	0,73	1,49	4,23
17/05/2010 20:00	4,29	5,04	1,07	0,67	3,30
18/05/2010 20:00	4,08	6,09	1,27	-0,22	5,04
19/05/2010 20:00	4,28	4,25	0,00	-0,75	5,00
20/05/2010 20:00	4,38	8,40	2,43	0,61	5,35
21/05/2010 20:00	4,48	4,45	0,85	-1,53	5,13
22/05/2010 20:00	4,33	4,45	0,56	-0,22	4,10
23/05/2010 20:00	3,58	5,03	1,13	0,22	3,68
24/05/2010 20:00	4,32	5,02	1,02	0,08	3,92
25/05/2010 20:00	3,96	4,96	0,99	-0,52	4,50
26/05/2010 20:00	4,6	4,90	0,93	-0,22	4,19
27/05/2010 20:00	4,86	0,25	0,14	-3,11	3,22
28/05/2010 20:00	3,33	0,51	0,00	-3,57	4,08
29/05/2010 20:00	4,72	6,49	0,56	0,09	5,84
30/05/2010 20:00	5,07	6,21	0,82	1,58	3,81
31/05/2010 20:00	5,07	6,20	0,85	0,99	4,36
TOTAL	120,87	148,17	30,2	-3,35	116,90
Kc					1,0

Tabla B.62 Parcela 4 – BH - Junio 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/06/2010 20:00	4,87	6,53	1,33	2,44	2,76
02/06/2010 20:00	3,7	6,00	1,89	2,51	1,60
03/06/2010 20:00	3,54	6,13	2,51	0,00	3,61
04/06/2010 20:00	4,65	6,27	1,72	0,22	4,33
05/06/2010 20:00	4,54	11,33	1,95	8,04	1,34
06/06/2010 20:00	1,65	0,25	2,63	-5,59	3,21
07/06/2010 20:00	3,98	10,17	3,30	2,00	4,87
08/06/2010 20:00	4,07	14,34	3,30	4,02	7,02
09/06/2010 20:00	2,35	9,38	2,80	-1,04	7,62
10/06/2010 20:00	5,23	6,48	3,30	-0,66	3,84
11/06/2010 20:00	4,28	3,16	1,41	-4,00	5,75
12/06/2010 20:00	4,02	0,00	0,11	-5,72	5,61
13/06/2010 20:00	4,86	3,21	0,14	0,31	2,76
14/06/2010 20:00	2,36	21,89	2,20	14,98	4,71
15/06/2010 20:00	4,46	3,57	3,28	-3,15	3,45
16/06/2010 20:00	4,3	0,00	0,65	-5,87	5,22
17/06/2010 20:00	3,94	5,61	1,77	0,22	3,62
18/06/2010 20:00	3,67	3,12	1,41	-1,09	2,79
19/06/2010 20:00	3,58	4,83	0,96	-1,07	4,94
20/06/2010 20:00	7,3	5,37	0,55	-2,12	6,93
21/06/2010 20:00	6,38	4,82	0,65	-2,24	6,41
22/06/2010 20:00	4,57	4,82	0,76	0,08	3,98
23/06/2010 20:00	4,33	5,94	0,28	1,85	3,81
24/06/2010 20:00	4,65	7,14	1,95	1,28	3,91
25/06/2010 20:00	4,6	6,01	2,09	0,31	3,60
26/06/2010 20:00	4,5	6,05	0,31	0,65	5,08
27/06/2010 20:00	5,19	8,55	2,09	0,93	5,53
28/06/2010 20:00	4,07	9,60	0,99	3,10	5,51
29/06/2010 20:00	4,75	8,49	3,59	0,00	4,90
30/06/2010 20:00	5,18	8,53	2,09	0,19	6,25
TOTAL	129,57	197,57	52,0	10,58	134,96
Kc					1,0

Tabla B.63 Parcela 4 – BH - Julio 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/07/2010 20:00	4,21	10,95	2,40	1,68	6,87
02/07/2010 20:00	4,53	13,78	4,80	1,84	7,13
03/07/2010 20:00	4,37	9,77	4,01	0,34	5,42
04/07/2010 20:00	3,86	9,80	3,45	-0,67	7,02
05/07/2010 20:00	5,08	10,85	2,49	0,57	7,79
06/07/2010 20:00	5,1	13,08	3,30	0,58	9,20
07/07/2010 20:00	5,12	11,08	3,73	-0,03	7,38
08/07/2010 20:00	4,94	20,62	9,83	1,92	8,87
09/07/2010 20:00	5,12	12,98	2,40	-0,24	10,83
10/07/2010 20:00	5,21	12,98	2,40	0,24	10,34
11/07/2010 20:00	5,18	11,72	4,21	0,10	7,42
12/07/2010 20:00	4,82	10,16	4,63	-0,59	6,12
13/07/2010 20:00	4,9	11,12	3,70	1,76	5,66
14/07/2010 20:00	4,98	7,00	3,53	-2,82	6,29
15/07/2010 20:00	4,2	8,16	3,45	-0,34	5,06
16/07/2010 20:00	4,24	7,12	1,86	-0,15	5,40
17/07/2010 20:00	4,89	7,12	1,86	-0,09	5,35
18/07/2010 20:00	2,87	7,11	2,57	-0,57	5,11
19/07/2010 20:00	4,18	7,22	2,57	-0,33	4,98
20/07/2010 20:00	4,64	7,24	2,30	-0,24	5,17
21/07/2010 20:00	4,13	8,35	2,13	0,57	5,64
22/07/2010 20:00	4,32	9,44	3,59	0,34	5,51
23/07/2010 20:00	4,38	8,28	3,45	0,00	4,84
24/07/2010 20:00	4,77	9,99	0,71	0,24	9,04
25/07/2010 20:00	4,53	9,45	3,09	0,00	6,36
26/07/2010 20:00	6,07	9,55	2,45	0,34	6,77
27/07/2010 20:00	4,55	9,36	3,30	0,34	5,71
28/07/2010 20:00	4,66	9,31	2,46	0,00	6,85
29/07/2010 20:00	4,26	10,33	2,40	0,58	7,35
30/07/2010 20:00	4,48	9,23	3,59	0,17	5,47
31/07/2010 20:00	2,68	9,12	3,81	1,00	4,30
TOTAL	141,27	312,26	100,47	6,53	205,26
Kc					1,5

Tabla B.64 Parcela 4 – BH - Agosto 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/08/2010 20:00	4,08	10,04	1,81	1,76	6,47
02/08/2010 20:00	4,25	7,47	3,29	-1,17	5,34
03/08/2010 20:00	3,88	9,33	3,30	0,41	5,61
04/08/2010 20:00	4,72	9,08	2,12	0,41	6,55
05/08/2010 20:00	5,44	9,16	2,46	0,11	6,60
06/08/2010 20:00	5,19	9,28	4,89	-1,35	5,74
07/08/2010 20:00	4,95	8,16	3,87	-1,00	5,29
TOTAL	32,51	62,51	21,73	-0,83	41,61
Kc					1,3

Tabla B.65 Parcela 4 – BH - Septiembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
09/09/2010 20:00	3,83	7,67	2,54	-1,16	6,30
10/09/2010 20:00	4,32	7,67	3,54	-0,58	4,71
11/09/2010 20:00	3,14	4,86	1,87	0,00	2,99
12/09/2010 20:00	3,34	6,52	3,43	0,00	3,09
13/09/2010 20:00	3,32	6,36	3,30	0,00	3,05
14/09/2010 20:00	3,13	6,23	3,30	0,34	2,59
15/09/2010 20:00	3,12	6,23	3,30	1,75	1,18
16/09/2010 20:00	1,61	3,04	2,46	-1,40	1,99
17/09/2010 13:00	1,85	14,22	5,65	6,80	1,76
18/09/2010 16:00	2,03	0,00	3,13	-4,11	0,98
19/09/2010 20:00	2,63	4,82	1,49	1,31	2,02
20/09/2010 12:00	1,05	0,25	3,23	-3,55	0,57
21/09/2010 12:00	2,89	0,00	0,00	-1,12	1,12
22/09/2010 10:00	2,54	5,15	2,29	-1,08	3,94
23/09/2010 10:00	1,62	0,00	0,00	-1,10	1,10
24/09/2010 10:00	4,16	6,51	2,15	0,05	4,31
25/09/2010 14:00	4,57	0,00	0,83	-4,47	3,64
26/09/2010 16:00	4,31	7,01	0,99	4,47	1,55
27/09/2010 18:00	2,11	0,00	0,00	-0,09	0,09
28/09/2010 20:00	2,11	5,83	0,11	3,34	2,37
29/09/2010 20:00	2,73	0,00	0,00	-0,78	0,78
30/09/2010 20:00	2,56	0,00	0,00	-0,60	0,60
TOTAL	62,97	92,36	43,62	-1,98	50,72
Kc					0,8

Tabla B.66 Parcela 4 – BH - Octubre 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/10/2010 20:00	1,93	11,71	6,84	2,14	2,72
02/10/2010 20:00	2,23	5,77	0,00	3,48	2,28
03/10/2010 20:00	2,43	0,00	0,00	-5,88	5,88
04/10/2010 20:00	4,33	5,80	1,30	0,54	3,96
05/10/2010 20:00	3,09	0,00	0,00	-1,54	1,54
06/10/2010 20:00	2,39	9,72	3,79	4,85	1,09
07/10/2010 20:00	2,59	0,00	0,00	-1,48	1,48
08/10/2010 20:00	2,16	15,35	8,18	5,47	1,70
09/10/2010 20:00	2,13	22,34	7,26	12,13	2,95
10/10/2010 20:00	1,8	0,00	0,00	-4,45	4,45
11/10/2010 20:00	1,87	34,68	14,77	15,78	4,13
12/10/2010 20:00	0,98	12,23	18,23	-10,08	4,07
13/10/2010 20:00	2,79	0,25	0,00	-3,87	4,12
14/10/2010 20:00	1,9	0,00	0,00	-4,71	4,71
15/10/2010 20:00	2,07	0,00	0,00	-4,54	4,54
16/10/2010 20:00	2,53	0,00	0,00	-3,59	3,59
17/10/2010 20:00	2,57	7,10	2,28	1,67	3,14
18/10/2010 20:00	3,68	0,00	0,00	-1,30	1,30
19/10/2010 20:00	3,11	7,10	3,50	1,14	2,45
20/10/2010 20:00	1,94	0,00	0,00	-0,62	0,62
21/10/2010 20:00	1,94	4,67	1,65		
22/10/2010 20:00	1,65	4,67	1,65		
23/10/2010 20:00	1,8	0,00	0,40		
24/10/2010 20:00	1,83	0,00	0,40		
25/10/2010 20:00	3,62	4,63	1,79	1,84	1,00
26/10/2010 20:00	2,56	4,63	0,79	3,00	0,84
27/10/2010 20:00	2,15	0,00	0,20	-2,32	2,13
28/10/2010 20:00	1,6	4,75	0,00	3,45	1,30
29/10/2010 20:00	1,13	4,75	0,00	2,76	1,99
30/10/2010 20:00	1,93	6,01	0,90	2,23	2,87
31/10/2010 20:00	1,75	5,26	1,81	-0,12	3,57
TOTAL	70,48	171,39	75,74	15,98	FALTAN DATOS
TOTAL - DATOS FALTANTES	63,26				74,43
Kc					1,2

Tabla B.67 Parcela 4 – BH - Noviembre 2010

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/11/2010 20:00	1,74	0,00	1,27	-4,99	3,72
02/11/2010 20:00	4,78	0,00	0,00	-2,58	2,58
03/11/2010 20:00	1,86	0,00	0,00	-2,61	2,61
04/11/2010 20:00	1,7	6,60	0,00	5,64	0,96
TOTAL	10,08	6,60	1,27	-4,53	9,86
Kc					1,0

Tabla B.68 Parcela 4 – BH - Febrero 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/02/2011 20:00	2,90	0,00	0,28	-2,05	1,77
02/02/2011 20:00	3,65	0,00	0,14	-2,61	2,47
03/02/2011 20:00	2,62	0,00	0,00	-2,21	2,21
04/02/2011 20:00	1,79	0,00	0,00	-1,94	1,94
05/02/2011 20:00	1,43	8,38	-0,20	7,96	0,63
06/02/2011 20:00	1,81	7,99	4,30	3,06	0,62
07/02/2011 20:00	1,41	0,00	1,28	-2,94	1,66
08/02/2011 20:00	1,08	7,99	4,30	2,69	1,00
09/02/2011 20:00	1,12	0,00	0,93	-2,69	1,76
10/02/2011 20:00	1,16	10,06	4,30	2,94	2,81
11/02/2011 20:00	1,11	0,00	1,09	-2,09	1,00
12/02/2011 20:00	1,41	0,00	0,69	-2,65	1,96
13/02/2011 20:00	1,71	1,77	0,69	-0,83	1,91
14/02/2011 20:00	1,65	3,81	1,00	1,79	1,02
15/02/2011 20:00	0,86	0,00	0,20	-0,84	0,64
16/02/2011 20:00	1,08	0,00	1,45	-2,37	0,91
17/02/2011 20:00	1,13	0,00	0,14	-3,12	2,98
18/02/2011 20:00	3,18	0,00	0,00	-1,59	1,59
19/02/2011 20:00	1,44	0,00	0,00	-1,90	1,90
20/02/2011 20:00	1,72	0,00	0,00	-1,86	1,86
21/02/2011 20:00	2,91	9,75	0,00	9,52	0,23
22/02/2011 20:00	3,33	10,02	5,53	2,88	1,60
23/02/2011 20:00	3,19	0,00	1,02	-3,23	2,21
24/02/2011 20:00	1,87	10,24	5,30	4,08	0,86
25/02/2011 20:00	1,88	0,00	2,59	-3,49	0,90
26/02/2011 20:00	1,99	0,00	0,00	-2,81	2,82
27/02/2011 20:00	2,96	0,00	0,00	-2,97	2,97
28/02/2011 20:00	2,41	9,65	6,63	-3,22	6,24
TOTAL	54,80	79,67	41,70	-12,49	50,46
Kc					0,9

Tabla B.69 Parcela 4 – BH - Marzo 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/03/2011 20:00	3,45	0,00	2,60	-3,06	0,45
02/03/2011 20:00	2,64	0,00	0,00	-2,21	2,22
03/03/2011 20:00	1,51	2,53	0,00	0,23	2,30
04/03/2011 20:00	1,18	11,51	0,28	7,01	4,21
05/03/2011 20:00	1,66	0,00	0,23	-2,66	2,44
06/03/2011 20:00	1,85	0,00	0,17	-2,37	2,20
07/03/2011 20:00	1,76	0,25	0,00	-1,52	1,77
08/03/2011 20:00	1,3	0,00	0,00	-1,50	1,50
09/03/2011 20:00	0,86	0,00	0,00	-2,49	2,49
10/03/2011 20:00	1,82	3,30	0,00	1,22	2,08
11/03/2011 20:00	1	47,58	23,89	20,87	2,81
12/03/2011 20:00	1,28	0,25	4,35	-8,86	4,77
13/03/2011 20:00	2,25	1,01	0,00	-1,85	2,86
14/03/2011 20:00	0,72	2,27	0,00	1,79	0,48
15/03/2011 20:00	1,36	2,02	0,00	1,48	0,54
16/03/2011 20:00	2,35	0,00	0,00	-2,40	2,41
17/03/2011 20:00	3,06	0,00	0,00	-3,44	3,43
18/03/2011 20:00	4,31	0,00	0,00	-3,00	3,00
19/03/2011 20:00	2,43	0,00	0,00	-2,37	2,37
20/03/2011 20:00	2,74	9,80	1,27		
21/03/2011 20:00	2,05	2,06	0,00		
22/03/2011 20:00	1,69	23,97	9,01		
23/03/2011 20:00	0,79	0,50	1,61		
24/03/2011 20:00	1,26	0,00	1,72	-2,61	0,88
25/03/2011 20:00	1,92	0,00	0,93	-2,76	1,83
26/03/2011 20:00	2,12	0,00	0,00	-1,83	1,83
27/03/2011 20:00	2,46	0,00	0,00	-2,49	2,49
28/03/2011 20:00	2,7	9,42	2,23	4,43	2,77
29/03/2011 20:00	2,93	0,00	0,56	-3,72	3,15
30/03/2011 20:00	2,95	9,40	3,05	4,03	2,32
31/03/2011 20:00	2,93	0,00	0,14	-3,15	3,00
TOTAL	63,33	125,87	52,05	-13,23	62,60
TOTAL - DATOS FALTANTES	56,06				
Kc					1,1

Tabla B.70 Parcela 4 – BH - Abril 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/04/2011 20:00	3,05	9,69	3,08	4,33	2,28
02/04/2011 20:00	2,68	0,00	0,40		
03/04/2011 20:00	1,85	9,67	1,95		
04/04/2011 20:00	2,62	0,00	0,28		
05/04/2011 20:00	3,01	9,28	1,78	4,14	3,36
06/04/2011 20:00	3,18	0,00	0,65	-5,81	5,16
07/04/2011 20:00	3,24	9,70	0,99	4,65	4,06
08/04/2011 20:00	3,55	0,00	1,47	-5,98	4,51
09/04/2011 20:00	4,04	0,00	0,00	-3,68	3,68
10/04/2011 20:00	3,12	9,77	2,26	5,11	2,40
11/04/2011 20:00	4,6	0,00	0,40	-4,46	4,07
12/04/2011 20:00	4,67	16,50	3,45	10,22	2,84
13/04/2011 20:00	3,48	10,69	3,87	2,70	4,12
14/04/2011 20:00	3	13,40	5,51	-1,67	9,56
15/04/2011 20:00	3,05	0,00	0,00	-3,38	3,37
16/04/2011 20:00	1,83	0,00	0,00	-3,51	3,51
17/04/2011 20:00	3,13	12,00	3,30	5,57	3,13
18/04/2011 20:00	3,21	14,14	3,30	3,68	7,15
19/04/2011 20:00	2,98	12,11	4,18	0,60	7,32
20/04/2011 20:00	2,63	0,25	0,00		
21/04/2011 20:00	1,14	35,63	4,43		
22/04/2011 20:00	2,08	0,00	3,30	-4,37	1,07
23/04/2011 20:00	2,68	0,25	0,90	-3,42	2,77
24/04/2011 20:00	2,22	2,02	0,00	-1,72	3,74
25/04/2011 20:00	1,82	18,36	4,64	3,42	10,31
26/04/2011 20:00	4,21	0,00	0,00	-5,00	5,00
27/04/2011 20:00	4,51	10,71	3,30	3,55	3,86
28/04/2011 20:00	2,27	0,50	1,61	-3,10	1,99
29/04/2011 20:00	2,24	0,00	0,48	-3,69	3,21
30/04/2011 20:00	3,65	0,00	0,00	-4,02	4,02
TOTAL	89,74	194,67	55,53	-5,85	106,50
TOTAL - DATOS FALTANTES	78,82				
Kc					1,4

Tabla B.71 Parcela 4 – BH - Mayo 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/05/2011 20:00	3,02	0,25	0,00	-2,81	3,06
02/05/2011 20:00	3	0,50	0,00	-1,35	1,85
03/05/2011 20:00	2,41	13,33	3,47	8,99	0,87
04/05/2011 20:00	4,88	11,93	3,86	3,37	4,69
05/05/2011 20:00	3,8	0,00	0,00	-4,84	4,83
06/05/2011 20:00	3,88	13,71	3,70	3,75	6,27
07/05/2011 20:00	1,29	1,80	0,00	0,75	1,05
08/05/2011 20:00	4,27	0,00	0,00	-4,82	4,82
09/05/2011 20:00	4,17	12,14	3,30	6,00	2,84
10/05/2011 20:00	2,7	12,14	3,30	0,24	8,59
11/05/2011 20:00	4,1	12,15	4,43	0,00	7,71
12/05/2011 20:00	3,73	0,00	0,00	-3,40	3,40
13/05/2011 20:00	3,33	12,35	3,28	2,81	6,27
14/05/2011 20:00	3,54	7,15	3,59	-1,17	4,74
15/05/2011 20:00	5,27	0,00	0,14	-5,27	5,13
16/05/2011 20:00	3,86	0,00	0,00	-5,24	5,24
17/05/2011 20:00	3,93	12,10	3,19	6,37	2,54
18/05/2011 20:00	2,61	0,00	0,00	-0,79	0,79
19/05/2011 20:00	2,34	0,00	0,00	-7,79	7,79
20/05/2011 20:00	5,15	12,85	3,02	6,58	3,25
21/05/2011 20:00	4,48	12,85	3,87	3,74	5,23
22/05/2011 20:00	4,4	13,15	4,58	0,91	7,66
23/05/2011 20:00	4,58	0,00	0,00	-5,98	5,98
24/05/2011 20:00	4,68	0,00	0,00	-5,35	5,35
25/05/2011 20:00	5,21	12,94	3,65	7,59	1,69
26/05/2011 20:00	5,06	1,81	0,00	-4,53	6,34
27/05/2011 20:00	5,42	12,21	0,00	9,05	3,16
28/05/2011 20:00	2,39	0,00	0,00	-3,99	3,99
29/05/2011 20:00	2,46	0,00	0,00	-0,67	0,67
30/05/2011 20:00	3,07	13,98	3,30	9,25	1,43
31/05/2011 20:00	3,08	0,00	0,00	-0,92	0,92
TOTAL	116,11	189,33	50,71	10,46	128,16
Kc					1,10

Tabla B.72 Parcela 4 – BH - Junio 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/06/2011 20:00	5,13	13,53	3,47	3,80	6,27
02/06/2011 20:00	5,35	4,12	0,00	-0,80	4,91
03/06/2011 20:00	3,9	27,01	9,43	10,03	7,55
04/06/2011 20:00	2,66	0,00	0,00	-5,15	5,15
05/06/2011 20:00	2,39	0,00	0,00	-3,61	3,61
06/06/2011 20:00	3,78	2,32	0,00	-2,16	4,48
07/06/2011 20:00	2,87	0,00	0,00	-3,75	3,75
08/06/2011 20:00	4,22	0,00	0,00	-4,97	4,97
09/06/2011 20:00	4,6	6,34	0,14	0,93	5,27
10/06/2011 20:00	3,91	0,00	0,00	-2,68	2,68
11/06/2011 20:00	3,25	6,53	1,09	4,55	0,89
12/06/2011 20:00	3,47	7,79	2,26	3,54	1,99
13/06/2011 20:00	3,96	9,90	4,30	1,60	3,99
14/06/2011 20:00	4,38	0,00	0,00	-4,44	4,44
15/06/2011 20:00	4,72	8,25	4,18	-2,31	6,38
16/06/2011 20:00	4,66	0,00	0,00	-5,69	5,69
17/06/2011 20:00	4,72	7,38	0,85	1,11	5,42
18/06/2011 20:00	4,81	8,93	0,85	2,64	5,44
19/06/2011 20:00	4,67	7,44	0,96	1,38	5,10
20/06/2011 20:00	3,07	11,88	3,30	0,00	8,57
21/06/2011 20:00	4,3	7,19	1,81	0,00	5,38
22/06/2011 20:00	4,97	8,41	4,01	0,10	4,29
23/06/2011 20:00	5,26	0,00	0,00	-4,47	4,47
24/06/2011 20:00	4,38	0,00	0,00	-2,69	2,69
25/06/2011 20:00	2,81	13,41	3,30	4,86	5,25
26/06/2011 20:00	5,07	12,00	3,30	2,14	6,55
27/06/2011 20:00	5,14	11,33	3,30	0,47	7,55
28/06/2011 20:00	4,97	8,79	2,65	2,25	3,88
29/06/2011 20:00	4,95	9,03	3,30	2,05	3,67
30/06/2011 20:00	4,37	7,57	3,30	-0,24	4,50
TOTAL	126,74	199,13	55,84	-1,49	144,78
Kc					1,1

Tabla B.73 Parcela 4 – BH - Julio 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/07/2011 20:00	3,81	6,37	2,80	-1,25	4,82
02/07/2011 20:00	3,96	6,64	3,30	0,67	2,66
03/07/2011 20:00	4,06	7,40	3,30	0,71	3,39
04/07/2011 20:00	2,7	6,48	3,30	-1,72	4,90
05/07/2011 20:00	4,14	7,60	3,30	-0,23	4,53
06/07/2011 20:00	4,76	7,30	3,16	-0,57	4,70
07/07/2011 20:00	5,36	7,44	3,30	0,23	3,90
08/07/2011 20:00	5,13	7,74	2,65	0,90	4,19
09/07/2011 20:00	4,26	7,51	3,62	-0,57	4,46
10/07/2011 20:00	3,39	7,51	3,30	-0,57	4,77
11/07/2011 20:00	5,05	9,40	3,56	1,24	4,60
12/07/2011 20:00	4,21	7,02	3,30	0,07	3,65
13/07/2011 20:00	4,36	7,36	3,30	0,00	4,06
14/07/2011 20:00	5,68	9,47	3,30	-0,87	7,04
15/07/2011 20:00	4,59	7,48	3,28	1,04	3,17
16/07/2011 20:00	2,84	7,48	3,39	0,00	4,09
17/07/2011 20:00	4,78	0,00	0,00	-5,70	5,70
18/07/2011 20:00	5,86	7,47	1,55	1,54	4,38
19/07/2011 20:00	4,41	7,63	0,90	0,78	5,94
20/07/2011 20:00	6,68	7,63	0,90	1,91	4,82
21/07/2011 20:00	4,04	7,66	3,30	1,13	3,23
22/07/2011 20:00	3,77	7,66	2,51	0,10	5,04
23/07/2011 20:00	2,35	7,57	3,08	-0,34	4,82
24/07/2011 20:00	3,96	7,75	3,02	-0,57	5,30
25/07/2011 20:00	4,58	7,38	3,08	-0,23	4,53
26/07/2011 20:00	5,27	7,42	3,30	0,23	3,88
27/07/2011 20:00	4,59	7,63	3,30	0,23	4,09
28/07/2011 20:00	4,27	9,43	3,87	2,87	2,69
29/07/2011 20:00	2,73	4,81	4,15	-0,71	1,37
30/07/2011 20:00	1,49	0,76	0,87	-1,04	0,93
31/07/2011 20:00	2,02	7,35	4,83	0,23	2,29
TOTAL	129,10	218,35	90,89	-0,47	127,93
Kc					1,0

Tabla B.74 Parcela 4 – BH - Agosto 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/08/2011 20:00	2,63	7,46	3,30	0,00	4,15
02/08/2011 20:00	3,17	7,54	3,30	0,34	3,89
03/08/2011 20:00	4,1	8,04	3,30	-0,45	5,18
04/08/2011 20:00	4,22	7,22	3,30	0,34	3,57
05/08/2011 20:00	4,3	7,27	3,30	-0,68	4,65
06/08/2011 20:00	3,55	7,30	3,30	-0,34	4,33
07/08/2011 20:00	4,37	7,24	4,68	-0,57	3,12
08/08/2011 20:00	4,63	0,00	0,00	-4,25	4,25
09/08/2011 20:00	5,08	0,00	0,00	-4,90	4,90
10/08/2011 20:00	3,66	7,63	1,81	0,79	5,03
11/08/2011 20:00	3,77	16,82	3,30	7,80	5,72
12/08/2011 20:00	3,48	9,64	4,15	1,13	4,36
13/08/2011 20:00	3,94	7,26	3,30	-0,90	4,85
14/08/2011 20:00	3,12	7,28	3,45	-0,23	4,06
15/08/2011 20:00	4,34	7,28	2,65	0,33	4,29
16/08/2011 20:00	4	7,39	2,37	-0,33	5,35
17/08/2011 20:00	4,04	7,20	2,37	0,00	4,83
18/08/2011 20:00	4,31	7,33	3,30	-0,33	4,35
19/08/2011 20:00	3,46	9,13	3,36	0,10	5,67
20/08/2011 20:00	4,3	6,95	3,25	-0,23	3,93
21/08/2011 20:00	4,93	6,89	3,30	0,00	3,59
22/08/2011 20:00	4,79	6,89	3,39	0,23	3,27
23/08/2011 20:00	4,58	6,89	3,30	0,00	3,59
24/08/2011 20:00	4,13	6,89	3,36	0,00	3,53
25/08/2011 20:00	4,04	6,89	3,30	-0,23	3,82
26/08/2011 20:00	4,35	6,89	3,36	-0,23	3,76
27/08/2011 20:00	6,67	6,89	3,39	0,23	3,27
28/08/2011 20:00	3,9	6,89	3,53	-0,23	3,59
29/08/2011 20:00	3,77	7,37	3,30	0,23	3,84
30/08/2011 20:00	3,75	6,83	3,36	-0,23	3,70
31/08/2011 20:00	3,58	6,96	3,39	2,16	1,41
TOTAL	126,96	222,26	94,85	-0,44	127,86
Kc					1,0

Tabla B.75 Parcela 4 – BH - Septiembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/09/2011 20:00	3,12	6,92	3,22		
02/09/2011 20:00	2,98	7,18	3,50		
03/09/2011 20:00	3,04	7,18	3,08		
04/09/2011 20:00	3,52	0,00	0,56		
05/09/2011 20:00	4,8	0,00	0,00		
06/09/2011 20:00	4,24	3,87	0,00		
07/09/2011 20:00	3,46	0,00	0,00		
08/09/2011 20:00	3,61	0,00	0,00		
09/09/2011 20:00	3,66	9,11	1,69		
10/09/2011 20:00	3,54	0,00	0,00		
11/09/2011 20:00	3,6	0,00	0,00		
12/09/2011 20:00	3,38	12,36	3,11		
13/09/2011 20:00	3,32	0,00	1,95		
14/09/2011 20:00	3,42	0,00	0,00		
15/09/2011 20:00	3,42	17,53	2,82		
16/09/2011 20:00	3,36	18,23	10,28	4,62	3,32
17/09/2011 20:00	3,14	0,00	0,00	-3,30	3,30
18/09/2011 20:00	2,5	0,00	0,00	-2,97	2,97
19/09/2011 20:00	4,84	0,00	0,00	-4,18	4,18
20/09/2011 20:00	3,57	11,91	0,00	8,96	2,95
21/09/2011 20:00	3,04	0,00	0,00	-2,09	2,09
22/09/2011 20:00	2,88	0,00	0,00	-1,72	1,72
23/09/2011 20:00	2,27	15,26	3,45		
24/09/2011 20:00	2,17	1,27	1,69		
25/09/2011 20:00	2,6	0,00	0,00		
26/09/2011 20:00	2,72	0,00	0,00	-2,10	2,10
27/09/2011 20:00	2,84	0,00	0,00	-2,18	2,18
28/09/2011 20:00	2,97	0,00	0,00	-1,73	1,73
29/09/2011 20:00	3,44	12,32	0,00	10,53	1,79
30/09/2011 20:00	3,02	0,00	3,79	-4,70	0,91
TOTAL	98,47	123,14	39,15	-0,84	29,24
TOTAL - DATOS FALTANTES	38,32				
Kc					0,76

Tabla B.76 Parcela 4 – BH - Octubre 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/10/2011 20:00	2,88	0,00	1,94	-3,37	1,43
02/10/2011 20:00	3,32	0,00	1,00	-2,45	1,45
03/10/2011 20:00	2,68	11,44	0,48	9,41	1,55
04/10/2011 20:00	2,9	0,00	0,00	-2,12	2,12
05/10/2011 20:00	3,04	0,00	0,00	-1,56	1,56
06/10/2011 20:00	2,91	12,37	0,00	11,62	0,76
07/10/2011 20:00	3,83	12,51	5,90	3,61	3,00
08/10/2011 20:00	5,05	0,00	1,31	-4,21	2,90
09/10/2011 20:00	3,74	11,90	3,45	6,21	2,24
10/10/2011 20:00	2,59	0,00	0,65	-5,65	5,00
11/10/2011 20:00	2,77	0,00	0,00	-4,41	4,41
12/10/2011 20:00	2,88	12,13	1,50	9,24	1,40
13/10/2011 20:00	2,92	0,50	2,07	-3,92	2,35
14/10/2011 20:00	2,61	0,00	1,00	-3,36	2,36
15/10/2011 20:00	1,51	0,00	0,00	-2,94	2,94
16/10/2011 20:00	1,65	12,50	2,45	8,24	1,81
17/10/2011 20:00	1,57	0,00	1,59	-3,41	1,82
18/10/2011 20:00	2,11	0,00	0,00	-2,99	2,99
19/10/2011 20:00	2,01	12,20	3,59	7,33	1,28
20/10/2011 20:00	3,17	0,25	0,90	-3,21	2,56
21/10/2011 20:00	2,58	0,00	0,00	-2,47	2,47
22/10/2011 20:00	1,51	1,01	0,00	-1,65	2,66
23/10/2011 20:00	1,4	18,56	8,26	10,02	0,28
24/10/2011 20:00	1,3	0,00	3,78	-4,19	0,41
25/10/2011 20:00	1,82	0,00	2,56	-3,70	1,13
26/10/2011 20:00	2,04	15,29	8,32	5,64	1,33
27/10/2011 20:00	1,48	0,00	2,30	-2,79	0,49
28/10/2011 20:00	1,74	0,00	1,21	-3,08	1,86
29/10/2011 20:00	2,02	0,00	0,00	-3,23	3,23
30/10/2011 20:00	1,14	0,00	0,00	-1,92	1,92
31/10/2011 20:00	1,9	0,00	0,00	-2,21	2,21
TOTAL	75,07	120,66	54,26	2,48	63,91
Kc					0,9

Tabla B.77 Parcela 4 – BH - Noviembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	ΔV	EVT
01/11/2011 20:00	1,62	0,00	0,00	-1,31	1,31
02/11/2011 20:00	1,66	15,02	0,00	14,30	0,72
03/11/2011 20:00	0,81	5,61	2,72	1,73	1,16
04/11/2011 20:00	1,44	1,01	2,86	-2,83	0,98
05/11/2011 20:00	0,62	1,27	0,00	1,22	0,04
06/11/2011 20:00	3,17	3,29	1,89	0,12	1,28
07/11/2011 20:00	0,8	0,00	1,69	-3,03	1,34
08/11/2011 20:00	1,16	0,00	0,00	-2,96	2,96
09/11/2011 20:00	1,57	0,00	0,00	-2,09	2,09
10/11/2011 20:00	1,49	0,00	0,00	-1,94	1,94
11/11/2011 20:00	1,36	0,00	0,00	-2,24	2,24
12/11/2011 20:00	1,53	0,25	0,00	-1,10	1,35
13/11/2011 20:00	1,59	13,22	3,36	9,49	0,37
14/11/2011 20:00	0,58	70,73	54,51	15,80	0,42
15/11/2011 20:00	0,97	0,00	2,51	-4,05	1,54
16/11/2011 20:00	1,35	0,00	1,89	-2,57	0,67
17/11/2011 20:00	1,46	0,00	3,00	-4,68	1,68
18/11/2011 20:00	0,88	7,13	2,03	3,86	1,24
19/11/2011 20:00	1,04	10,46	7,23		
20/11/2011 20:00	0,66	52,64	45,16		
21/11/2011 20:00	0,36	24,53	19,88		
22/11/2011 20:00	0,64	1,52	6,10		
23/11/2011 20:00	1,76	0,00	0,99	-2,95	1,96
24/11/2011 20:00	1,52	0,00	0,71	-3,65	2,95
25/11/2011 20:00	1,21	0,00	0,06	-3,69	3,63
26/11/2011 20:00	1,44	0,00	0,00	-2,28	2,28
27/11/2011 20:00	1,25	0,00	0,00	-1,42	1,42
28/11/2011 20:00	1,72	0,00	0,00	-1,40	1,40
29/11/2011 20:00	1,19	0,00	0,00	-1,38	1,38
30/11/2011 20:00	1,12	0,00	0,00	-1,14	1,14
TOTAL	37,97	206,68	156,59	-0,17	39,47
TOTAL - DATOS FALTANTES	35,27				
Kc					1,1

Tabla B.78 Parcela 4 – BH - Diciembre 2011

Fecha	ETo	Parcela 4			
		Entradas	Salidas	□V	EVT
01/12/2011 20:00	0,92	5,87	1,95	3,33	0,59
02/12/2011 20:00	0,91	0,00	0,00		
03/12/2011 20:00	1,69	0,00	0,48		
04/12/2011 20:00	0,63	0,00	0,00	-1,38	1,38
05/12/2011 20:00	1,26	0,00	0,00	-1,14	1,14
06/12/2011 20:00	1,43	0,00	0,00	-1,02	1,02
07/12/2011 20:00	1,2	0,00	0,00	-0,78	0,78
08/12/2011 20:00	1,24	0,00	0,00	-0,56	0,56
09/12/2011 20:00	0,88	0,00	0,00	-0,27	0,27
10/12/2011 20:00	0,71	0,00	0,00	-0,55	0,55
11/12/2011 20:00	0,8	0,00	0,00	-0,44	0,44
12/12/2011 20:00	0,62	0,00	0,00	-0,37	0,37
13/12/2011 20:00	1,18	0,00	0,00	-0,22	0,22
14/12/2011 20:00	1,4	8,90	0,00	8,46	0,43
15/12/2011 20:00	0,57	0,00	0,00	-1,05	1,05
16/12/2011 20:00	1,17	0,00	1,69	-2,53	0,84
17/12/2011 20:00	2,11	0,00	0,42	-1,70	1,28
18/12/2011 20:00	1,78	0,00	0,00	-1,34	1,34
19/12/2011 20:00	1	0,00	0,00	-0,99	0,99
20/12/2011 20:00	1,39	0,00	0,00	-0,42	0,42
21/12/2011 20:00	2,38	9,02	0,00	7,62	1,41
22/12/2011 20:00	2,7	0,00	0,60	-1,49	0,89
23/12/2011 20:00	1,42	0,00	1,00	-1,57	0,57
24/12/2011 20:00	1,83	0,00	0,50	-1,02	0,52
25/12/2011 20:00	1,66	0,00	0,50	-1,35	0,85
26/12/2011 20:00	1,11	0,00	0,00	-1,11	1,11
27/12/2011 20:00	1,11	0,00	0,00	-0,77	0,77
28/12/2011 20:00	1,17	9,15	0,00	8,90	0,25
29/12/2011 20:00	1,02	0,00	1,00	-2,35	1,35
30/12/2011 20:00	2,64	0,00	0,81	-2,30	1,49
31/12/2011 20:00	1,39	0,00	0,00	-1,36	1,36
TOTAL	41,32	32,95	8,95	0,25	24,23
TOTAL - DATOS FALTANTES	38,72				
Kc					0,6

C. Flujo

Tabla C.1 Parcela 1- Velocidad del frente de humedad

Fecha	Humedad inicial a 12 cm (%)	Tiempo 0-12 cm (min)	Velocidad (cm/min)	Humedad inicial a 24 cm (%)	Tiempo 12-24 cm (min)	Velocidad (cm/min)	Intensidad de entrada (mm)
21/04/2010	8,02	12,0	1,00	14,21	16,0	0,75	4,60
26/04/2010	7,15	6,0	2,00	10,78	16,0	0,75	4,60
28/04/2010	5,81	5,0	2,40	7,80	25,0	0,48	5,32
29/04/2010	6,31	6,0	2,00	9,13	19,0	0,63	4,82
06/05/2010	8,20	10,0	1,20	15,10	11,0	1,09	4,72
10/05/2010	8,20	5,0	2,40	15,10	10,0	1,20	5,23
18/05/2010	7,15	6,5	1,85	11,62	23,0	0,52	4,75
26/05/2010	5,65	6,0	2,00	8,33	14,0	0,86	5,15
30/05/2010	4,69	2,0	6,00	5,49	13,5	0,89	5,37
31/05/2010	5,16	2,0	6,00	6,50	17,0	0,71	5,31
03/06/2010	6,64	2,5	4,80	9,13	21,0	0,57	5,27
04/06/2010	6,64	8,0	1,50	9,40	22,5	0,53	5,28
22/06/2010	6,98	3,0	4,00	9,95	12,0	1,00	5,00
25/06/2010	8,20	8,5	1,41	12,76	5,0	2,40	4,94
01/06/2010	5,65	1,3	9,60	7,28	24,3	0,49	6,79
24/06/2010	7,15	2,0	6,00	11,06	22,0	0,55	7,46
10/02/2011	12,35	6,5	1,85	21,03	18,0	0,67	7,26
21/02/2011	9,47	5,5	2,18	13,05	29,5	0,41	7,25
22/02/2011	10,60	5,0	2,40	15,40	23,0	0,52	7,16
20/03/2011	9,47	6,8	1,78	14,21	24,5	0,49	6,95
28/03/2011	10,03	8,5	1,41	16,61	41,5	0,29	7,15
30/03/2011	9,84	8,0	1,50	16,31	9,0	1,33	7,14
01/04/2011	9,65	7,0	1,71	16,31	15,3	0,79	7,16
05/04/2011	9,65	5,0	2,40	16,61	12,0	1,00	7,09
07/04/2011	9,47	7,5	1,60				7,42
10/04/2011	8,20	1,8	6,86	12,19	21,8	0,55	7,21
01/10/2010	7,67	1,0	12,00	8,60	6,0	2,00	10,41

<i>Fecha</i>	<i>Humedad inicial a 12 cm (%)</i>	<i>Tiempo 0-12 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Humedad inicial a 24 cm (%)</i>	<i>Tiempo 12-24 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Intensidad de entrada (mm)</i>
06/10/2010	9,10	7,0	1,71	12,47	19,0	0,63	10,28
13/04/2011	10,60	7,0	1,71	17,23	9,0	1,33	9,52
08/10/2010	9,65	7,0	1,71	15,10	8,0	1,50	15,19
12/04/2011	8,38	4,0	3,00	12,76	22,0	0,55	12,28
14/04/2011	8,38	4,0	3,00	12,76	22,0	0,55	10,68
03/05/2011	7,15	7,5	1,60	7,28	16,0	0,75	11,24

Tabla C.2 Parcela 2- Velocidad del frente de humedad

<i>Fecha</i>	<i>Humedad inicial a 12 cm (%)</i>	<i>Tiempo 0-12 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Humedad inicial a 24 cm (%)</i>	<i>Tiempo 12-24 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Intensidad de entrada (mm)</i>
21/04/2010	4,90	46,0	0,26	7,88	1,0	12,00	4,6
26/04/2010	4,28	28,0	0,43	6,49	23,0	0,52	5,04
13/06/2010	4,78	46,0	0,26	9,01	0,5	24,00	4,59
20/06/2010	5,68	18,0	0,67	9,01	6,0	2,00	5,44
23/06/2010	5,68	8,5	1,41	9,34	0,5	24,00	5,44
24/06/2010	5,42	10,5	1,14	9,01	0,5	24,00	5,26
25/06/2010	5,42	6,0	2,00	8,84	4,0	3,00	5,32
26/06/2010	5,16	7,0	1,71	8,68	1,0	12,00	5,32
29/04/2010	4,16	10,0	1,20	5,90	12,0	1,00	7,12
06/05/2010	5,55	17,0	0,71	9,67	8,5	1,41	6,67
17/06/2010	5,55	19,0	0,63	10,00	2,0	6,00	7,31
21/06/2010	5,42	14,0	0,86	7,88	2,0	6,00	7,04
22/06/2010	5,42	17,0	0,71	8,84	1,0	12,00	7,14
22/06/2011	5,82	14,0	0,86	8,68	3,0	4,00	6,51
21/06/2011	5,68	13,0	0,92	8,84	6,0	2,00	6,61
30/03/2010	5,03	16,0	0,75	7,72	50,5	0,24	12,81
02/06/2010				7,72	4,5	2,67	9,95
01/10/2010	4,65	16,0	0,75	6,05	60,0	0,20	12,69
08/10/2010	5,82	13,5	0,89	7,88	2,5	4,80	14,74
12/04/2011	5,55	15,0	0,80	8,20	2,0	6,00	14,99
13/04/2011	7,90	6,0	2,00	11,38	3,5	3,43	10,6
14/04/2011				14,67	2,0	6,00	12,34
17/04/2011	6,49	5,8	2,09	9,67	7,5	1,60	10,68
18/04/2011	7,76	7,5	1,60	11,73	14,0	0,86	10,34
19/04/2011	8,79	8,0	1,50	14,29	15,0	0,80	10,34
03/05/2011				5,90	31,0	0,39	10,66
04/05/2011	6,22	20,5	0,59	8,36	4,0	3,00	10,64
19/06/2010	6,08	26,5	0,45	9,67	1,5	8,00	6,36
25/03/2010	5,55	17,0	0,71	8,52	32,0	0,38	6,42

<i>Fecha</i>	<i>Humedad inicial a 12 cm (%)</i>	<i>Tiempo 0-12 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Humedad inicial a 24 cm (%)</i>	<i>Tiempo 12-24 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Intensidad de entrada (mm)</i>
27/03/2010	4,90	40,0	0,30	8,04	80,0	0,15	6,36
29/03/2010	4,53	42,0	0,29	6,80	87,0	0,14	6,46

Tabla C.3 Parcela 3- Velocidad del frente de humedad

<i>Fecha</i>	<i>Humedad inicial a 12 cm (%)</i>	<i>Tiempo 0-12 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Humedad inicial a 24 cm (%)</i>	<i>Tiempo 12-24 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Intensidad de entrada (mm)</i>
26/04/2010	4,80	6,0	2,00	9,60	26,0	0,46	4,97
28/04/2010	3,60	16,0	0,75	7,38	22,0	0,55	4,98
29/04/2010	4,10	12,0	1,00	8,29	6,5	1,85	5
10/05/2010	5,87	28,0	0,43	11,36	3,0	4,00	5,37
15/05/2010	5,15	24,0	0,50	9,98	5,0	2,40	4,87
17/05/2010	5,33	18,5	0,65	10,37	36,0	0,33	5,17
21/05/2010	5,51	32,0	0,38	10,18	25,0	0,48	4,78
22/05/2010	4,97	48,0	0,25	9,41	9,0	1,33	4,78
23/05/2010	4,97	66,0	0,18	9,41	6,0	2,00	4,5
31/05/2010	4,45	24,0	0,50	7,56	25,0	0,48	4,79
24/09/2010	7,36	23,0	0,52	9,98	2,0	6,00	5,36
28/09/2010	6,79	72,0	0,17	9,22	5,0	2,40	5,47
27/03/2010	6,98	25,0	0,48	9,98	26,5	0,45	6,84
29/03/2010	6,98	16,0	0,75	9,41	47,5	0,25	7,05
06/04/2010	5,69	17,0	0,71	7,02	45,5	0,26	6,89
30/05/2010	4,10	47,0	0,26	7,02	26,0	0,46	6,6
02/06/2010	5,15	6,5	1,85	9,03	20,5	0,59	6,58
04/06/2010	5,51	10,0	1,20	9,79	19,0	0,63	7,06
11/06/2010	6,79	37,0	0,32	13,20	20,0	0,60	6,5
23/06/2010	5,69	27,0	0,44	9,79	28,0	0,43	7,22
04/11/2010	7,17	48,0	0,25	9,03	6,0	2,00	6,88
30/03/2010	7,94	19,0	0,63	10,37	7,0	1,71	13,48
26/06/2010	5,87	22,0	0,55	9,60	9,0	1,33	9,57
06/10/2010	6,98	20,0	0,60	8,84	7,5	1,60	9,84
08/10/2010	6,98	20,5	0,59	9,79	7,5	1,60	14,03
28/03/2011	8,53	24,0	0,50	11,56	7,0	1,71	10,42
25/04/2011	10,15	16,0	0,75	15,79	9,0	1,33	16,59
03/05/2011	6,79	23,0	0,52	7,56	7,0	1,71	10,63
17/05/2011	6,23	23,5	0,51	8,47	3,8	3,20	10,54

Tabla C.4 Parcela 4- Velocidad del frente de humedad

<i>Fecha</i>	<i>Humedad inicial a 12 cm (%)</i>	<i>Tiempo 0-12 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Humedad inicial a 24 cm (%)</i>	<i>Tiempo 12-24 cm (min)</i>	<i>Velocidad (cm/min)</i>	<i>Intensidad de entrada (mm)</i>
21/04/2010	8,81	11,0	1,09	14,56	11,0	1,09	4,63
17/05/2010	7,99	19,0	0,63	14,56	6,0	2,00	5,04
23/05/2010	7,82	22,0	0,55	13,95	12,0	1,00	5,03
24/05/2010	7,66	25,0	0,48	14,25	8,0	1,50	5,02
25/05/2010	7,66	27,0	0,44	14,25	17,0	0,71	4,96
26/05/2010	7,50	34,0	0,35	13,95	14,0	0,86	4,90
17/06/2010	9,14	6,0	2,00	15,78	23,0	0,52	4,85
21/10/2010	10,35	9,0	1,33	15,47	6,0	2,00	4,67
19/06/2010	8,81	34,0	0,35	15,47	11,0	1,09	4,83
20/06/2010	8,48	26,0	0,46	14,25	5,0	2,40	5,37
22/09/2010	10,71	17,0	0,71	16,40	15,0	0,80	4,82
10/05/2010	8,48	12,5	0,96	13,66	8,0	1,50	6,63
01/06/2010	7,03	18,0	0,67	9,90	3,0	4,00	6,53
24/06/2010	7,82	16,0	0,75	13,66	2,0	6,00	7,14
11/06/2011	2,63	10,0	1,20	13,67	5,5	2,18	6,53
17/06/2011	1,92	11,8	1,02	13,48	2,8	4,36	7,38
18/06/2011	3,60	11,0	1,09	14,45	3,5	3,43	7,38
19/06/2011				16,89	5,5	2,18	7,44
21/06/2011	6,65	5,0	2,40	18,15	6,5	1,85	7,19
30/03/2010	9,14	16,0	0,75	15,47	4,0	3,00	12,18
01/10/2010	8,81	19,0	0,63	11,32	3,0	4,00	15,35
10/02/2011	10,75	16,0	0,75	20,35	4,0	3,00	10,06
24/02/2011	8,79	18,0	0,67	19,02	4,0	3,00	10,24
25/05/2011	2,63	10,5	1,23	14,26	12,5	0,96	12,94
30/05/2011	3,60	7,0	1,71	16,26	8,0	1,50	13,73
01/06/2011	7,71	19,0	0,63	18,80	4,0	3,00	13,53
25/06/2011	4,60	7,0	1,71	16,06	5,0	2,40	13,41
26/06/2011	8,25	7,0	1,71	19,02	3,5	3,43	12,00
27/06/2011	7,98	20,0	0,60	18,80	3,5	3,43	11,33

D. Modelo HYDRUS 1D – Inputs Calibración – Julio 2010

Tabla D.1 Parcela 1 – Entradas, Evapotranspiración (expresada como transpiración) y profundidad de raíces

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
01/07/2010 00:00	0	0,00	0	8
01/07/2010 05:00	5	0,00	0	8
01/07/2010 06:00	6	0,40	0	8
01/07/2010 09:00	9	0,00	0	8
01/07/2010 21:00	21	0,00	0,04	8
01/07/2010 22:00	22	0,45	0	8
02/07/2010 05:00	29	0,00	0	8
02/07/2010 06:00	30	0,45	0	8
02/07/2010 09:00	33	0,00	0	8
02/07/2010 21:00	45	0,00	0,05	8
02/07/2010 22:00	46	0,56	0	8
03/07/2010 05:00	53	0,00	0	8
03/07/2010 06:00	54	0,56	0	8
03/07/2010 09:00	57	0,00	0	8
03/07/2010 21:00	69	0,00	0,05	8
03/07/2010 22:00	70	0,36	0	8
04/07/2010 05:00	77	0,00	0	8
04/07/2010 06:00	78	0,36	0	8
04/07/2010 09:00	81	0,00	0	8
04/07/2010 21:00	93	0,00	0,07	8
04/07/2010 22:00	94	0,37	0	8
05/07/2010 05:00	101	0,00	0	8
05/07/2010 06:00	102	0,37	0	8
05/07/2010 09:00	105	0,00	0	8
05/07/2010 21:00	117	0,00	0,06	8
05/07/2010 22:00	118	0,47	0	8
06/07/2010 05:00	125	0,00	0	8
06/07/2010 06:00	126	0,47	0	8
06/07/2010 09:00	129	0,00	0	8
06/07/2010 21:00	141	0,00	0,07	8
06/07/2010 22:00	142	0,59	0	8
07/07/2010 05:00	149	0,00	0	8
07/07/2010 06:00	150	0,59	0	8
07/07/2010 09:00	153	0,00	0	8
07/07/2010 21:00	165	0,00	0,06	8
07/07/2010 22:00	166	0,70	0	8
08/07/2010 05:00	173	0,00	0	8
08/07/2010 06:00	174	0,70	0	8
08/07/2010 09:00	177	0,00	0	8
08/07/2010 10:45	178,75	0,00	0,11	8
08/07/2010 11:45	179,75	0,72	0,11	8
08/07/2010 21:00	189	0,00	0,11	8
08/07/2010 22:00	190	0,72	0	8
09/07/2010 05:00	197	0,00	0	8
09/07/2010 06:00	198	0,72	0	8
09/07/2010 09:00	201	0,00	0	8
09/07/2010 21:00	213	0,00	0,09	8
09/07/2010 22:00	214	0,70	0	8

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Precipitación (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
10/07/2010 05:00	221	0,00	0	8
10/07/2010 06:00	222	0,70	0	8
10/07/2010 09:00	225	0,00	0	8
10/07/2010 21:00	237	0,00	0,08	8
10/07/2010 22:00	238	0,70	0	8
11/07/2010 05:00	245	0,00	0	8
11/07/2010 06:00	246	0,70	0	8
11/07/2010 09:00	249	0,00	0	8
11/07/2010 21:00	261	0,00	0,06	8
11/07/2010 22:00	262	0,47	0	8
12/07/2010 05:00	269	0,00	0	8
12/07/2010 06:00	270	0,47	0	8
12/07/2010 09:00	273	0,00	0	8
12/07/2010 21:00	285	0,00	0,07	8
12/07/2010 22:00	286	0,47	0	8
13/07/2010 05:00	293	0,00	0	8
13/07/2010 06:00	294	0,47	0	8
13/07/2010 09:00	297	0,00	0	8
13/07/2010 21:00	309	0,00	0,06	8
13/07/2010 22:00	310	0,47	0	8
14/07/2010 05:00	317	0,00	0	8
14/07/2010 06:00	318	0,47	0	8
14/07/2010 09:00	321	0,00	0	8
14/07/2010 21:00	333	0,00	0,06	8
14/07/2010 22:00	334	0,35	0	8
15/07/2010 05:00	341	0,00	0	8
15/07/2010 06:00	342	0,35	0	8
15/07/2010 09:00	345	0,00	0	8
15/07/2010 21:00	357	0,00	0,05	8
15/07/2010 22:00	358	0,34	0	8
16/07/2010 05:00	365	0,00	0	8
16/07/2010 06:00	366	0,34	0	8
16/07/2010 09:00	369	0,00	0	8
16/07/2010 21:00	381	0,00	0,06	8
16/07/2010 22:00	382	0,34	0	8
17/07/2010 05:00	389	0,00	0	8
17/07/2010 06:00	390	0,34	0	8
17/07/2010 09:00	393	0,00	0	8
17/07/2010 21:00	405	0,00	0,06	8
17/07/2010 22:00	406	0,34	0	8
18/07/2010 05:00	413	0,00	0	8
18/07/2010 06:00	414	0,34	0	8
18/07/2010 09:00	417	0,00	0	8
18/07/2010 21:00	429	0,00	0,04	8
18/07/2010 22:00	430	0,34	0	8
19/07/2010 05:00	437	0,00	0	8
19/07/2010 06:00	438	0,34	0	8
19/07/2010 09:00	441	0,00	0	8
19/07/2010 21:00	453	0,00	0,07	8
19/07/2010 22:00	454	0,34	0	8
20/07/2010 05:00	461	0,00	0	8
20/07/2010 06:00	462	0,34	0	8

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Precipitación (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
20/07/2010 09:00	465	0,00	0	8
20/07/2010 21:00	477	0,00	0,06	8
20/07/2010 22:00	478	0,35	0	8
21/07/2010 05:00	485	0,00	0	8
21/07/2010 06:00	486	0,35	0	8
21/07/2010 09:00	489	0,00	0	8
21/07/2010 21:00	501	0,00	0,06	8
21/07/2010 22:00	502	0,40	0	8
22/07/2010 05:00	509	0,00	0	8
22/07/2010 06:00	510	0,40	0	8
22/07/2010 09:00	513	0,00	0	8
22/07/2010 21:00	525	0,00	0,06	8
22/07/2010 22:00	526	0,40	0	8
23/07/2010 05:00	533	0,00	0	8
23/07/2010 06:00	534	0,40	0	8
23/07/2010 09:00	537	0,00	0	8
23/07/2010 21:00	549	0,00	0,06	8
23/07/2010 22:00	550	0,39	0	8
24/07/2010 05:00	557	0,00	0	8
24/07/2010 06:00	558	0,39	0	8
24/07/2010 09:00	561	0,00	0	8
24/07/2010 21:00	573	0,00	0,07	8
24/07/2010 22:00	574	0,46	0	8
25/07/2010 05:00	581	0,00	0	8
25/07/2010 06:00	582	0,46	0	8
25/07/2010 09:00	585	0,00	0	8
25/07/2010 21:00	597	0,00	0,08	8
25/07/2010 22:00	598	0,46	0	8
26/07/2010 05:00	605	0,00	0	8
26/07/2010 06:00	606	0,46	0	8
26/07/2010 09:00	609	0,00	0	8
26/07/2010 21:00	621	0,00	0,05	8
26/07/2010 22:00	622	0,45	0	8
27/07/2010 05:00	629	0,00	0	8
27/07/2010 06:00	630	0,45	0	8
27/07/2010 09:00	633	0,00	0	8
27/07/2010 21:00	645	0,00	0,07	8
27/07/2010 22:00	646	0,45	0	8
28/07/2010 05:00	653	0,00	0	8
28/07/2010 06:00	654	0,45	0	8
28/07/2010 09:00	657	0,00	0	8
28/07/2010 21:00	669	0,00	0,06	8
28/07/2010 22:00	670	0,44	0	8
29/07/2010 05:00	677	0,00	0	8
29/07/2010 06:00	678	0,45	0	8
29/07/2010 09:00	681	0,00	0	8
29/07/2010 21:00	693	0,00	0,06	8
29/07/2010 22:00	694	0,50	0	8

Tabla D.2 Parcela 2 – Entradas, Evapotranspiración (expresada como transpiración) y profundidad de raíces

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
01/07/2010 0:00	0	0,00	0	8
01/07/2010 05:08	5,13	0,00	0	8
01/07/2010 06:08	6,13	0,35	0	8
01/07/2010 09:00	9	0,00	0	8
01/07/2010 21:09	21,15	0,00	0,04	8
01/07/2010 22:09	22,15	0,52	0	8
02/07/2010 05:09	29,15	0,00	0	8
02/07/2010 06:09	30,15	0,52	0	8
02/07/2010 09:00	33	0,00	0	8
02/07/2010 21:09	45,15	0,00	0,03	8
02/07/2010 22:09	46,15	0,55	0	8
03/07/2010 05:09	53,15	0,00	0	8
03/07/2010 06:09	54,15	0,55	0	8
03/07/2010 09:00	57	0,00	0	8
03/07/2010 21:06	69,1	0,00	0,05	8
03/07/2010 22:06	70,10	0,43	0	8
04/07/2010 05:06	77,1	0,00	0	8
04/07/2010 06:06	78,10	0,43	0	8
04/07/2010 09:00	81	0,00	0	8
04/07/2010 21:06	93,1	0,00	0,05	8
04/07/2010 22:06	94,10	0,43	0	8
05/07/2010 05:06	101,1	0,00	0	8
05/07/2010 06:06	102,10	0,43	0	8
05/07/2010 09:00	105	0,00	0	8
05/07/2010 21:08	117,13	0,00	0,06	8
05/07/2010 22:08	118,13	0,61	0	8
06/07/2010 05:08	125,13	0,00	0	8
06/07/2010 06:08	126,13	0,61	0	8
06/07/2010 09:00	129	0,00	0	8
06/07/2010 21:10	141,17	0,00	0,05	8
06/07/2010 22:10	142,17	0,78	0	8
07/07/2010 05:10	149,17	0,00	0	8
07/07/2010 06:10	150,17	0,78	0	8
07/07/2010 09:00	153	0,00	0	8
07/07/2010 21:12	165,20	0,00	0,05	8
07/07/2010 22:12	166,20	0,77	0	8
08/07/2010 05:12	173,20	0,00	0	8
08/07/2010 06:12	174,20	0,77	0	8
08/07/2010 09:00	177	0,00	0	8
08/07/2010 10:45	178,75	0,00	0,1	8
08/07/2010 11:45	179,75	0,91	0,1	8
08/07/2010 21:12	189,20	0,00	0,1	8
08/07/2010 22:12	190,20	0,91	0	8
09/07/2010 05:12	197,20	0,00	0	8
09/07/2010 06:12	198,20	0,91	0	8
09/07/2010 09:00	201	0,00	0	8
09/07/2010 21:12	213,20	0,00	0,1	8
09/07/2010 22:12	214,20	0,78	0	8
10/07/2010 05:12	221,20	0,00	0	8
10/07/2010 06:12	222,20	0,78	0	8
10/07/2010 09:00	225	0,00	0	8

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
10/07/2010 21:12	237,20	0,00	0,09	8
10/07/2010 22:12	238,20	0,78	0	8
11/07/2010 05:12	245,20	0,00	0	8
11/07/2010 06:12	246,20	0,78	0	8
11/07/2010 09:00	249	0,00	0	8
11/07/2010 21:08	261,13	0,00	0,05	8
11/07/2010 22:08	262,13	0,60	0	8
12/07/2010 05:08	269,14	0,00	0	8
12/07/2010 06:08	270,14	0,60	0	8
12/07/2010 09:00	273	0,00	0	8
12/07/2010 21:08	285,13	0,00	0,04	8
12/07/2010 22:08	286,13	0,52	0	8
13/07/2010 05:08	293,14	0,00	0	8
13/07/2010 06:08	294,14	0,52	0	8
13/07/2010 09:00	297	0,00	0	8
13/07/2010 21:08	309,13	0,00	0,04	8
13/07/2010 22:08	310,13	0,52	0	8
14/07/2010 05:08	317,14	0,00	0	8
14/07/2010 06:08	318,14	0,52	0	8
14/07/2010 09:00	321	0,00	0	8
14/07/2010 21:06	333,10	0,00	0,05	8
14/07/2010 22:06	334,10	0,43	0	8
15/07/2010 05:06	341,11	0,00	0	8
15/07/2010 06:06	342,11	0,43	0	8
15/07/2010 09:00	345	0,00	0	8
15/07/2010 21:06	357,10	0,00	0,04	8
15/07/2010 22:06	358,10	0,42	0	8
16/07/2010 05:06	365,11	0,00	0	8
16/07/2010 06:06	366,11	0,42	0	8
16/07/2010 09:00	369	0,00	0	8
16/07/2010 21:06	381,10	0,00	0,06	8
16/07/2010 22:06	382,10	0,42	0	8
17/07/2010 05:06	389,11	0,00	0	8
17/07/2010 06:06	390,11	0,42	0	8
17/07/2010 09:00	393	0,00	0	8
17/07/2010 21:06	405,10	0,00	0,05	8
17/07/2010 22:06	406,10	0,42	0	8
18/07/2010 05:06	413,11	0,00	0	8
18/07/2010 06:06	414,11	0,42	0	8
18/07/2010 09:00	417	0,00	0	8
18/07/2010 21:06	429,10	0,00	0,04	8
18/07/2010 22:06	430,10	0,42	0	8
19/07/2010 05:06	437,11	0,00	0	8
19/07/2010 06:06	438,11	0,42	0	8
19/07/2010 09:00	441	0,00	0	8
19/07/2010 21:06	453,10	0,00	0,05	8
19/07/2010 22:06	454,10	0,42	0	8
20/07/2010 05:06	461,11	0,00	0	8
20/07/2010 06:06	462,11	0,42	0	8
20/07/2010 09:00	465	0,00	0	8
20/07/2010 21:06	477,10	0,00	0,06	8
20/07/2010 22:06	478,10	0,53	0	8

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
21/07/2010 05:06	485,11	0,00	0	8
21/07/2010 06:06	486,11	0,53	0	8
21/07/2010 09:00	489	0,00	0	8
21/07/2010 21:07	501,12	0,00	0,06	8
21/07/2010 22:07	502,12	0,61	0	8
22/07/2010 05:07	509,13	0,00	0	8
22/07/2010 06:07	510,13	0,61	0	8
22/07/2010 09:00	513	0,00	0	8
22/07/2010 21:07	525,12	0,00	0,07	8
22/07/2010 22:07	526,12	0,52	0	8
23/07/2010 05:07	533,13	0,00	0	8
23/07/2010 06:07	534,13	0,52	0	8
23/07/2010 09:00	537	0,00	0	8
23/07/2010 21:07	549,12	0,00	0,06	8
23/07/2010 22:07	550,12	0,52	0	8
24/07/2010 05:07	557,13	0,00	0	8
24/07/2010 06:07	558,13	0,52	0	8
24/07/2010 09:00	561	0,00	0	8
24/07/2010 21:08	573,13	0,00	0,07	8
24/07/2010 22:08	574,13	0,61	0	8
25/07/2010 05:08	581,14	0,00	0	8
25/07/2010 06:08	582,14	0,61	0	8
25/07/2010 09:00	585	0,00	0	8
25/07/2010 21:08	597,13	0,00	0,05	8
25/07/2010 22:08	598,13	0,44	0	8
26/07/2010 05:08	605,14	0,00	0	8
26/07/2010 06:08	606,14	0,44	0	8
26/07/2010 09:00	609	0,00	0	8
26/07/2010 21:08	621,13	0,00	0,05	8
26/07/2010 22:08	622,13	0,52	0	8
27/07/2010 05:08	629,14	0,00	0	8
27/07/2010 06:08	630,14	0,52	0	8
27/07/2010 09:00	633	0,00	0	8
27/07/2010 21:08	645,13	0,00	0,05	8
27/07/2010 22:08	646,13	0,65	0	8
28/07/2010 05:08	653,14	0,00	0	8
28/07/2010 06:08	654,14	0,65	0	8
28/07/2010 09:00	657	0,00	0	8
28/07/2010 21:08	669,13	0,00	0,04	8
28/07/2010 22:08	670,13	0,59	0	8
29/07/2010 05:08	677,14	0,00	0	8
29/07/2010 06:08	678,14	0,59	0	8
29/07/2010 09:00	681	0,00	0	8
29/07/2010 21:09	693,15	0,00	0,04	8
29/07/2010 22:09	694,15	0,61	0	8

Tabla D.3 Parcela 3 – Entradas, Evapotranspiración (expresada como transpiración) y profundidad de raíces

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
05/04/2011 00:00	0	0,00	0	5
05/04/2011 09:00	9	0,00	0	5
05/04/2011 21:30	21,50	0,00	0,04	5
05/04/2011 22:30	22,50	0,84	0	5
06/04/2011 09:00	33,00	0,00	0	5
06/04/2011 21:00	45,00	0,00	0,03	5
07/04/2011 09:00	57,00	0,00	0	5
07/04/2011 21:30	69,50	0,00	0,03	5
07/04/2011 22:30	70,50	0,83	0	5
08/04/2011 09:00	81,00	0,00	0	5
08/04/2011 21:00	93,00	0,00	0,03	5
09/04/2011 09:00	105,00	0,00	0	5
09/04/2011 21:00	117,00	0,00	0,03	5
10/04/2011 09:00	129,00	0,00	0	5
10/04/2011 21:30	141,50	0,00	0,03	5
10/04/2011 22:30	142,50	0,84	0	5
11/04/2011 09:00	153,00	0,00	0	5
11/04/2011 21:00	165,00	0,00	0,04	5
12/04/2011 09:00	177,00	0,00	0	5
12/04/2011 21:50	189,83	0,00	0,04	5
12/04/2011 22:50	190,83	1,51	0	5
13/04/2011 09:00	201,00	0,00	0	5
13/04/2011 21:40	213,67	0,00	0,03	5
13/04/2011 22:40	214,67	1,17	0	5
14/04/2011 09:00	225,00	0,00	0	5
14/04/2011 21:30	237,50	0,00	0,08	5
14/04/2011 22:30	238,50	1,03	0	5
15/04/2011 09:00	249,00	0,00	0	5
15/04/2011 21:00	261,00	0,00	0,03	5
16/04/2011 09:00	273,00	0,00	0	5
16/04/2011 21:00	285,00	0,00	0,02	5
17/04/2011 09:00	297,00	0,00	0	5
17/04/2011 21:40	309,67	0,00	0,06	5
17/04/2011 22:40	310,67	1,13	0	5
18/04/2011 09:00	321,00	0,00	0	5
18/04/2011 21:30	333,50	0,00	0,07	5
18/04/2011 22:30	334,50	1,12	0	5
19/04/2011 04:00	340,50	0,00	0	5
19/04/2011 05:00	341,50	0,20	0	5
19/04/2011 09:00	345,00	0,00	0	5
19/04/2011 21:30	357,50	0,00	0,07	5
19/04/2011 22:30	358,50	1,12	0	5
20/04/2011 09:00	369,00	0,00	0	5
20/04/2011 21:00	381,00	0,00	0,02	5
21/04/2011 09:00	393,00	0,00	0	5
21/04/2011 16:00	400,00	0,00	0,06	5
21/04/2011 17:00	401,00	0,03	0,06	5
21/04/2011 19:00	403,00	0,00	0,06	5
21/04/2011 20:00	404,00	0,03	0,06	5
21/04/2011 21:00	405,00	0,00	0,06	5
21/04/2011 22:00	406,00	0,03	0	5

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
21/04/2011 23:00	407,00	0,03	0	5
22/04/2011 01:00	409,00	0,00	0	5
22/04/2011 02:00	410,00	0,03	0	5
22/04/2011 03:00	411,00	0,00	0	5
22/04/2011 04:00	412,00	0,08	0	5
22/04/2011 05:00	413,00	1,88	0	5
22/04/2011 06:00	414,00	0,64	0	5
22/04/2011 07:00	415,00	0,48	0	5
22/04/2011 08:00	416,00	0,26	0	5
22/04/2011 09:00	417,00	0,13	0	5
22/04/2011 21:00	429,00	0,00	0,02	5
23/04/2011 09:00	441,00	0,00	0	5
23/04/2011 21:00	453,00	0,00	0,02	5
24/04/2011 09:00	465,00	0,00	0	5
24/04/2011 13:00	469,00	0,00	0,06	5
24/04/2011 14:00	470,00	0,03	0,06	5
24/04/2011 21:00	477,00	0,00	0,06	5
24/04/2011 22:00	478,00	0,83	0	5
25/04/2011 03:00	483,00	0,00	0	5
25/04/2011 04:00	484,00	0,03	0	5
25/04/2011 05:00	485,00	0,08	0	5
25/04/2011 06:00	486,00	0,05	0	5
25/04/2011 07:00	487,00	0,03	0	5
25/04/2011 08:00	488,00	0,03	0	5
25/04/2011 09:00	489,00	0,00	0	5
25/04/2011 21:00	501,00	0,00	0,05	5
25/04/2011 22:00	502,00	0,83	0	5
26/04/2011 09:00	513,00	0,00	0	5
26/04/2011 21:00	525,00	0,00	0,04	5
27/04/2011 09:00	537,00	0,00	0	5
27/04/2011 21:30	549,50	0,00	0,05	5
27/04/2011 22:30	550,50	0,84	0	5
28/04/2011 09:00	561,00	0,00	0	5
28/04/2011 17:00	569,00	0,00	0,03	5
28/04/2011 18:00	570,00	0,05	0,03	5
28/04/2011 21:00	573,00	0,00	0,03	5
28/04/2011 22:00	574,00	0,03	0	5
29/04/2011 04:00	580,00	0,00	0	5
29/04/2011 05:00	581,00	0,03	0	5
29/04/2011 09:00	585,00	0,00	0	5
29/04/2011 21:00	597,00	0,00	0,03	5
30/04/2011 09:00	609,00	0,00	0	5
30/04/2011 21:00	621,00	0,00	0,02	5
01/05/2011 09:00	633,00	0,00	0	5
01/05/2011 21:00	645,00	0,00	0,02	5
02/05/2011 09:00	657,00	0,00	0	5
02/05/2011 15:00	663,00	0,00	0,03	5
02/05/2011 16:00	664,00	0,03	0,03	5
02/05/2011 21:00	669,00	0,00	0,03	5
03/05/2011 09:00	681,00	0,00	0	5
03/05/2011 15:00	687,00	0,00	0,05	5
03/05/2011 16:00	688,00	0,03	0,05	5

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
03/05/2011 18:00	690,00	0,00	0,05	5
03/05/2011 19:00	691,00	0,03	0,05	5
03/05/2011 21:40	693,67	0,00	0,05	5
03/05/2011 22:40	694,67	1,06	0	5
04/05/2011 04:00	700,00	0,00	0	5

Tabla D.4 Parcela 4 – Entradas, Evapotranspiración (expresada como transpiración) y profundidad de raíces

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
01/07/2010 00:00	0	0,00	0	8,5
01/07/2010 05:18	5,30	0,00	0	8,5
01/07/2010 06:08	6,30	0,43	0	8,5
01/07/2010 09:00	9,00	0,00	0	8,5
01/07/2010 21:24	21,40	0,00	0,06	8,5
01/07/2010 22:09	22,40	0,55	0	8,5
02/07/2010 05:24	29,40	0,00	0	8,5
02/07/2010 06:09	30,40	0,55	0	8,5
02/07/2010 09:00	33,00	0,00	0	8,5
02/07/2010 21:24	45,40	0,00	0,06	8,5
02/07/2010 22:24	46,40	0,69	0	8,5
03/07/2010 05:24	53,40	0,00	0	8,5
03/07/2010 06:24	54,40	0,69	0	8,5
03/07/2010 09:00	57,00	0,00	0	8,5
03/07/2010 21:19	69,32	0,00	0,05	8,5
03/07/2010 22:19	70,32	0,49	0	8,5
04/07/2010 05:19	77,32	0,00	0	8,5
04/07/2010 06:19	78,32	0,49	0	8,5
04/07/2010 09:00	81,00	0,00	0	8,5
04/07/2010 21:19	93,32	0,00	0,06	8,5
04/07/2010 22:19	94,32	0,49	0	8,5
05/07/2010 05:19	101,32	0,00	0	8,5
05/07/2010 06:19	102,32	0,49	0	8,5
05/07/2010 09:00	105,00	0,00	0	8,5
05/07/2010 21:24	117,40	0,00	0,06	8,5
05/07/2010 22:24	118,40	0,54	0	8,5
06/07/2010 05:24	125,40	0,00	0	8,5
06/07/2010 06:24	126,40	0,54	0	8,5
06/07/2010 09:00	129,00	0,00	0	8,5
06/07/2010 21:30	141,50	0,00	0,08	8,5
06/07/2010 22:30	142,50	0,65	0	8,5
07/07/2010 05:30	149,50	0,00	0	8,5
07/07/2010 06:30	150,50	0,65	0	8,5
07/07/2010 09:00	153,00	0,00	0	8,5
07/07/2010 21:31	165,52	0,00	0,06	8,5
07/07/2010 22:31	166,52	0,55	0	8,5
08/07/2010 05:31	173,52	0,00	0	8,5
08/07/2010 06:31	174,52	0,55	0	8,5
08/07/2010 09:00	177,00	0,00	0	8,5
08/07/2010 10:45	178,75	0,00	0,07	8,5
08/07/2010 11:45	179,75	0,69	0,07	8,5
08/07/2010 21:33	189,55	0,00	0,07	8,5
08/07/2010 22:33	190,55	0,69	0	8,5
09/07/2010 05:33	197,55	0,00	0	8,5
09/07/2010 06:33	198,55	0,69	0	8,5
09/07/2010 09:00	201,00	0,00	0	8,5
09/07/2010 21:33	213,55	0,00	0,09	8,5
09/07/2010 22:33	214,55	0,65	0	8,5
10/07/2010 05:33	221,55	0,00	0	8,5
10/07/2010 06:33	222,55	0,65	0	8,5
10/07/2010 09:00	225,00	0,00	0	8,5

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
10/07/2010 21:33	237,55	0,00	0,09	8,5
10/07/2010 22:33	238,55	0,65	0	8,5
11/07/2010 05:33	245,55	0,00	0	8,5
11/07/2010 06:33	246,55	0,65	0	8,5
11/07/2010 09:00	249,00	0,00	0	8,5
11/07/2010 21:25	261,42	0,00	0,06	8,5
11/07/2010 22:25	262,42	0,59	0	8,5
12/07/2010 05:25	269,42	0,00	0	8,5
12/07/2010 06:25	270,42	0,59	0	8,5
12/07/2010 09:00	273,00	0,00	0	8,5
12/07/2010 21:23	285,38	0,00	0,05	8,5
12/07/2010 22:23	286,38	0,51	0	8,5
13/07/2010 05:23	293,38	0,00	0	8,5
13/07/2010 06:23	294,38	0,51	0	8,5
13/07/2010 09:00	297,00	0,00	0	8,5
13/07/2010 21:23	309,38	0,00	0,05	8,5
13/07/2010 22:23	310,38	0,56	0	8,5
14/07/2010 05:23	317,38	0,00	0	8,5
14/07/2010 06:23	318,38	0,56	0	8,5
14/07/2010 09:00	321,00	0,00	0	8,5
14/07/2010 21:17	333,28	0,00	0,05	8,5
14/07/2010 22:17	334,28	0,35	0	8,5
15/07/2010 05:17	341,28	0,00	0	8,5
15/07/2010 06:17	342,28	0,35	0	8,5
15/07/2010 09:00	345,00	0,00	0	8,5
15/07/2010 21:17	357,28	0,00	0,04	8,5
15/07/2010 22:17	358,28	0,41	0	8,5
16/07/2010 05:17	365,28	0,00	0	8,5
16/07/2010 06:17	366,28	0,41	0	8,5
16/07/2010 09:00	369,00	0,00	0	8,5
16/07/2010 21:17	381,28	0,00	0,05	8,5
16/07/2010 22:17	382,28	0,36	0	8,5
17/07/2010 05:17	389,28	0,00	0	8,5
17/07/2010 06:17	390,28	0,36	0	8,5
17/07/2010 09:00	393,00	0,00	0	8,5
17/07/2010 21:17	405,28	0,00	0,04	8,5
17/07/2010 22:17	406,28	0,36	0	8,5
18/07/2010 05:17	413,28	0,00	0	8,5
18/07/2010 06:17	414,28	0,36	0	8,5
18/07/2010 09:00	417,00	0,00	0	8,5
18/07/2010 21:17	429,28	0,00	0,04	8,5
18/07/2010 22:17	430,28	0,36	0	8,5
19/07/2010 05:17	437,28	0,00	0	8,5
19/07/2010 06:17	438,28	0,36	0	8,5
19/07/2010 09:00	441,00	0,00	0	8,5
19/07/2010 21:17	453,28	0,00	0,04	8,5
19/07/2010 22:17	454,28	0,36	0	8,5
20/07/2010 05:17	461,28	0,00	0	8,5
20/07/2010 06:17	462,28	0,36	0	8,5
20/07/2010 09:00	465,00	0,00	0	8,5
20/07/2010 21:18	477,30	0,00	0,04	8,5
20/07/2010 22:18	478,30	0,36	0	8,5

<i>Fecha /hora</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Entradas (cm/hora)</i>	<i>Transpiración (cm/hora)</i>	<i>Profundidad de raíces (cm)</i>
21/07/2010 05:18	485,30	0,00	0	8,5
21/07/2010 06:18	486,30	0,36	0	8,5
21/07/2010 09:00	489,00	0,00	0	8,5
21/07/2010 21:21	501,35	0,00	0,05	8,5
21/07/2010 22:21	502,35	0,42	0	8,5
22/07/2010 05:21	509,35	0,00	0	8,5
22/07/2010 06:21	510,35	0,42	0	8,5
22/07/2010 09:00	513,00	0,00	0	8,5
22/07/2010 21:20	525,33	0,00	0,05	8,5
22/07/2010 22:20	526,33	0,47	0	8,5
23/07/2010 05:20	533,33	0,00	0	8,5
23/07/2010 06:20	534,33	0,47	0	8,5
23/07/2010 09:00	537,00	0,00	0	8,5
23/07/2010 21:20	549,33	0,00	0,04	8,5
23/07/2010 22:20	550,33	0,41	0	8,5
24/07/2010 05:20	557,33	0,00	0	8,5
24/07/2010 06:20	558,33	0,41	0	8,5
24/07/2010 09:00	561,00	0,00	0	8,5
24/07/2010 21:23	573,38	0,00	0,08	8,5
24/07/2010 22:23	574,38	0,50	0	8,5
25/07/2010 05:23	581,38	0,00	0	8,5
25/07/2010 06:23	582,38	0,50	0	8,5
25/07/2010 09:00	585,00	0,00	0	8,5
25/07/2010 21:21	597,35	0,00	0,05	8,5
25/07/2010 22:21	598,35	0,47	0	8,5
26/07/2010 05:21	605,35	0,00	0	8,5
26/07/2010 06:21	606,35	0,47	0	8,5
26/07/2010 09:00	609,00	0,00	0	8,5
26/07/2010 21:21	621,35	0,00	0,06	8,5
26/07/2010 22:21	622,35	0,48	0	8,5
27/07/2010 05:21	629,35	0,00	0	8,5
27/07/2010 06:21	630,35	0,48	0	8,5
27/07/2010 09:00	633,00	0,00	0	8,5
27/07/2010 21:23	645,38	0,00	0,05	8,5
27/07/2010 22:23	646,38	0,47	0	8,5
28/07/2010 05:23	653,38	0,00	0	8,5
28/07/2010 06:23	654,38	0,47	0	8,5
28/07/2010 09:00	657,00	0,00	0	8,5
28/07/2010 21:23	669,38	0,00	0,06	8,5
28/07/2010 22:23	670,38	0,47	0	8,5
29/07/2010 05:23	677,38	0,00	0	8,5
29/07/2010 06:23	678,38	0,47	0	8,5
29/07/2010 09:00	681,00	0,00	0	8,5
29/07/2010 21:25	693,42	0,00	0,06	8,5
29/07/2010 22:25	694,42	0,52	0	8,5

Tabla D.5 Parcela 1 – Drenaje acumulado

Tiempo (h)	Drenaje acumulado (cm)*
12	-0,02
36	-0,05
60	-0,29
84	-0,31
108	-0,49
132	-0,56
156	-0,87
180	-1,87
204	-2,24
228	-2,61
252	-2,92
276	-3,06
300	-3,35
324	-3,49
348	-3,55
372	-3,61
396	-3,66
420	-3,68
444	-3,70
468	-3,75
492	-3,79
516	-3,87
540	-3,99
564	-4,01
588	-4,07
612	-4,26
636	-4,28
660	-4,32
684	-4,46

Tabla D.6 Parcela 2 – Drenaje acumulado

Tiempo (h)	Drenaje acumulado (cm)*
12	-0,36
36	-0,92
60	-1,25
84	-1,59
108	-1,96
132	-2,74
156	-3,19
180	-5,01
204	-5,52
228	-6,03
252	-6,66
276	-7,24
300	-7,80
324	-8,18
348	-8,53
372	-8,72
396	-8,91
420	-9,22
444	-9,53
468	-9,84
492	-10,23
516	-10,54
540	-10,91
564	-11,28
588	-11,66
612	-12,03
636	-12,61
660	-13,22
684	-13,89

(*) Valores negativos indican flujo hacia abajo, salida del perfil

Tabla D.7 Parcela 3 – Drenaje acumulado

Tiempo (h)	Drenaje acumulado (cm)*
12	-0,11
36	-0,12
60	-0,18
84	-0,18
108	-0,18
132	-0,18
156	-0,18
180	-0,35
204	-0,61
228	-0,91
252	-0,91
276	-0,91
300	-1,08
324	-1,26
348	-1,61
372	-1,61
396	-3,38
420	-3,38
444	-3,38
468	-3,38
492	-3,73
516	-3,73
540	-3,73
564	-3,73
588	-3,73
612	-3,73
636	-3,73
660	-3,73
684	-3,73

Tabla D.8 Parcela 4 – Drenaje acumulado

Tiempo (h)	Drenaje acumulado (cm)*
12	-0,24
36	-0,72
60	-1,12
84	-1,47
108	-1,71
132	-2,04
156	-2,42
180	-3,40
204	-3,64
228	-3,88
252	-4,30
276	-4,76
300	-5,13
324	-5,49
348	-5,83
372	-6,02
396	-6,21
420	-6,46
444	-6,72
468	-6,95
492	-7,16
516	-7,52
540	-7,87
564	-7,94
588	-8,25
612	-8,49
636	-8,82
660	-9,07
684	-9,31

(*) Valores negativos indican flujo hacia abajo, salida del perfil

Tabla D.9 Parcela 1 – Humedad real y predicción 12 cm

Tiempo (h)	Predicción modelo 12 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 12 cm (cm ³ /cm ³)	Tiempo (h)	Predicción modelo 12 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 12 cm (cm ³ /cm ³)
0,1	0,0874	0,0874	293	0,1230	0,1079
5	0,0750	0,0856	295	0,1370	0,1196
6	0,0984	0,0984	309	0,1080	0,0984
21	0,0710	0,0856	322	0,1300	0,1156
29	0,0900	0,0965	333	0,1080	0,0965
32	0,1060	0,1060	341	0,1190	0,1003
45	0,0815	0,0928	343	0,1300	0,1118
53	0,1000	0,1022	357	0,1070	0,0947
57	0,1137	0,1137	365	0,1170	0,1003
69	0,0915	0,1003	368	0,1250	0,1098
77	0,1060	0,1060	381	0,1000	0,0910
79	0,1190	0,1137	389	0,1110	0,0984
93	0,0865	0,0984	393	0,1200	0,1041
101	0,1041	0,1041	405	0,0950	0,0874
103	0,1160	0,1137	413	0,1085	0,0947
117	0,0870	0,0947	415	0,1200	0,1022
125	0,1035	0,1003	429	0,1010	0,0910
127	0,1200	0,1117	437	0,1110	0,1022
141	0,0885	0,0928	438	0,1280	0,1098
149	0,1070	0,1022	453	0,0915	0,0947
151	0,1280	0,1176	461	0,1060	0,1003
165	0,1000	0,0965	462	0,1220	0,1079
167	0,1275	0,1117	477	0,0910	0,0910
173	0,1190	0,1098	485	0,1050	0,0965
174	0,1500	0,1235	490	0,1100	0,1060
178,75	0,1300	0,1156	501	0,0900	0,0910
189	0,1098	0,1098	509	0,1040	0,0984
197	0,1290	0,1176	512	0,1170	0,1079
198	0,1600	0,1296	525	0,0910	0,0910
213	0,1125	0,1041	533	0,1060	0,0984
221	0,1275	0,1156	537	0,1165	0,1060
223	0,1500	0,1255	549	0,0910	0,0910
237	0,1100	0,1022	557	0,1070	0,0984
245	0,1300	0,1176	560	0,1185	0,1079
246	0,1580	0,1275	573	0,0900	0,0910
261	0,1170	0,1022	581	0,1065	0,1003
269	0,1290	0,1098	584	0,12	0,11172
270	0,1490	0,1215	597	0,0928	0,0928
285	0,1090	0,1003			

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 12 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 12 cm (cm³/cm³)</i>
605	0,1035	0,1003
608	0,1175	0,1117
621	0,0965	0,0910
629	0,1100	0,1022
632	0,1235	0,1117
645	0,0928	0,0928
653	0,1095	0,1022

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 12 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 12 cm (cm³/cm³)</i>
656	0,1230	0,1137
669	0,0947	0,0947
677	0,1100	0,1022
679	0,126	0,1117
693	0,0947	0,0947
700	0,1041	0,1041

Tabla D.10 Parcela 1 – Humedad real y predicción 24 cm

Tiempo (h)	Predicción modelo 24 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 24 cm (cm ³ /cm ³)	Tiempo (h)	Predicción modelo 24 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 24 cm (cm ³ /cm ³)
0,1	0,1421	0,1421	295	0,2270	0,2401
5	0,1475	0,1392	309	0,2010	0,2135
6	0,1460	0,1540	322	0,2260	0,2333
21	0,1465	0,1451	333	0,2000	0,2070
29	0,1525	0,1570	341	0,2070	0,2070
32	0,1610	0,1910	343	0,2170	0,2234
45	0,1615	0,1723	357	0,1974	0,1974
53	0,1725	0,1879	365	0,2050	0,2006
57	0,1920	0,2234	368	0,2135	0,2135
69	0,1795	0,2070	381	0,1910	0,1910
77	0,1860	0,2103	389	0,1974	0,1974
79	0,1945	0,2234	393	0,2071	0,2071
93	0,1785	0,2006	405	0,1860	0,1785
101	0,1815	0,2038	413	0,1910	0,1785
103	0,1885	0,2234	415	0,1980	0,1910
117	0,1765	0,1942	429	0,1900	0,1785
125	0,1830	0,2006	437	0,1975	0,1910
127	0,1925	0,2234	438	0,2000	0,2070
141	0,1800	0,1974	453	0,1840	0,1879
149	0,1900	0,2070	461	0,1870	0,1910
151	0,2050	0,2401	462	0,1900	0,2038
165	0,1900	0,2103	477	0,1800	0,1816
167	0,2010	0,2333	485	0,1847	0,1847
173	0,2090	0,2267	490	0,1975	0,2006
174	0,2160	0,2536	501	0,1800	0,1859
178,75	0,2295	0,2401	509	0,1845	0,1879
189	0,2080	0,2367	512	0,1950	0,2070
197	0,2250	0,2434	525	0,1816	0,1816
198	0,2375	0,2605	533	0,1860	0,1879
213	0,2065	0,2267	537	0,1995	0,2038
221	0,2225	0,2367	549	0,1816	0,1816
223	0,2425	0,2536	557	0,1879	0,1879
237	0,2060	0,2201	560	0,1990	0,2038
245	0,2240	0,2367	573	0,1816	0,1816
246	0,2330	0,2536	581	0,1890	0,1910
261	0,2135	0,2234	584	0,2030	0,2168
269	0,2240	0,2300	597	0,1800	0,1879
270	0,2300	0,2468	605	0,1830	0,1942
285	0,2050	0,2168	608	0,1975	0,2103
293	0,2140	0,2201	621	0,1847	0,1847

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 24 cm (cm³/cm³)</i>
629	0,1942	0,1942
632	0,207	0,2135
645	0,1879	0,1879
653	0,1910	0,1910
656	0,2070	0,2168
669	0,1879	0,1879

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 24 cm (cm³/cm³)</i>
677	0,1950	0,1974
679	0,2050	0,2300
693	0,1885	0,1942
700	0,2038	0,2038

Tabla D.11 Parcela 2 – Humedad real y predicción a 12 cm

Tiempo (h)	Predicción modelo 12 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 12 cm (cm ³ /cm ³)	Tiempo (h)	Predicción modelo 12 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 12 cm (cm ³ /cm ³)
0,10	0,0625	0,0747	214,00	0,0986	0,0986
5,13	0,0625	0,0705	221,20	0,0894	0,0894
6,00	0,0760	0,0909	222,00	0,1100	0,1081
21,15	0,0635	0,0635	237,20	0,0747	0,0747
22,00	0,0800	0,0925	238,00	0,1002	0,1002
29,15	0,0750	0,0776	245,20	0,0875	0,0909
30,00	0,0900	0,1018	246,00	0,1100	0,1114
45,15	0,0700	0,0705	261,13	0,0761	0,0761
47,00	0,0864	0,0864	262,00	0,0960	0,0940
53,15	0,0805	0,0805	269,14	0,0864	0,0864
57,00	0,0900	0,0925	270,00	0,1034	0,1034
69,10	0,0691	0,0691	285,13	0,0775	0,0733
70,00	0,0864	0,0864	286,00	0,0950	0,0909
77,10	0,0761	0,0761	293,14	0,0860	0,0820
78,00	0,0940	0,0940	294,00	0,1010	0,0986
93,10	0,0691	0,0691	309,13	0,0750	0,0719
94,00	0,0864	0,0864	310,00	0,0940	0,0894
101,10	0,0761	0,0761	322,00	0,0915	0,0894
102,00	0,0925	0,0925	333,10	0,0730	0,0691
117,13	0,0649	0,0649	334,00	0,0890	0,0849
118,00	0,0879	0,0879	341,11	0,0810	0,0761
125,13	0,0776	0,0776	342,00	0,0945	0,0909
126,00	0,0986	0,0986	357,10	0,0715	0,0663
141,17	0,0677	0,0677	358,00	0,0865	0,0843
142,00	0,0986	0,0986	365,11	0,0800	0,0733
149,17	0,0864	0,0864	366,00	0,0925	0,0909
150,00	0,1081	0,1081	381,10	0,0675	0,0649
165,20	0,0775	0,0733	382,00	0,0810	0,0805
166,00	0,0986	0,0986	389,11	0,0765	0,0719
173,20	0,0894	0,0894	390,00	0,0900	0,0879
174,00	0,1098	0,1098	405,10	0,0675	0,0622
178,75	0,0980	0,0940	406,00	0,0835	0,0733
180,00	0,1200	0,1098	413,11	0,0760	0,0691
189,20	0,0800	0,0849	414,00	0,0915	0,0849
190,00	0,1090	0,1034	429,10	0,0690	0,0649
197,20	0,0935	0,0925	430,00	0,0820	0,0820
198,00	0,1200	0,1098	437,11	0,0775	0,0733
213,20	0,0747	0,0747	438,00	0,0909	0,0909

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 12 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 12 cm (cm³/cm³)</i>
453,10	0,0663	0,0663
454,00	0,0820	0,0820
461,11	0,0755	0,0733
462,00	0,0909	0,0909
477,10	0,0635	0,0635
478,00	0,0849	0,0849
485,11	0,0747	0,0747
486,00	0,0940	0,0940
501,12	0,0677	0,0677
502,00	0,0894	0,0894
509,13	0,0790	0,0790
510,00	0,0986	0,0986
525,12	0,0705	0,0705
526,00	0,0864	0,0864
533,13	0,0790	0,0790
534,00	0,0965	0,0925
549,12	0,0705	0,0705
550,00	0,0879	0,0879
557,13	0,0790	0,0790

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 12 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 12 cm (cm³/cm³)</i>
558,00	0,0960	0,0940
573,13	0,0680	0,0705
574,00	0,0909	0,0909
581,14	0,0805	0,0805
582,00	0,1002	0,1002
597,13	0,0719	0,0719
598,00	0,0864	0,0864
605,14	0,0790	0,0790
606,00	0,0925	0,0925
621,13	0,0695	0,0663
622,00	0,0864	0,0864
629,14	0,0800	0,0761
630,00	0,0955	0,0940
645,13	0,0700	0,0677
646,00	0,0915	0,0894
653,14	0,0840	0,0790
669,13	0,0760	0,0706
677,14	0,0860	0,0820
693,15	0,0765	0,0733
700,00	0,0880	0,0849

Tabla D.12 Parcela 2 – Humedad real y predicción a 24 cm

Tiempo (h)	Predicción modelo 24 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 24 cm (cm ³ /cm ³)	Tiempo (h)	Predicción modelo 24 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 24 cm (cm ³ /cm ³)
0,10	0,1191	0,1191	221,20	0,1640	0,1722
5,13	0,1156	0,1156	222,00	0,1725	0,1927
6,00	0,1180	0,1281	237,20	0,1410	0,1505
21,15	0,1130	0,1103	238,00	0,1450	0,1742
22,00	0,1190	0,1281	245,20	0,1605	0,1682
29,15	0,1300	0,1318	246,00	0,1695	0,1927
30,00	0,1350	0,1563	261,13	0,1500	0,1525
45,15	0,1310	0,1392	262,00	0,1540	0,1682
47,00	0,1392	0,1392	269,14	0,1622	0,1622
53,15	0,1505	0,1505	270,00	0,1680	0,1844
57,00	0,1665	0,1722	285,13	0,1490	0,1448
69,10	0,1375	0,1448	286,00	0,1515	0,1583
70,00	0,1400	0,1525	293,14	0,1600	0,1525
77,10	0,1480	0,1505	294,00	0,1650	0,1702
78,00	0,1515	0,1622	309,13	0,1450	0,1373
93,10	0,1345	0,1392	310,00	0,1485	0,1505
94,00	0,1360	0,1486	322,00	0,1705	0,1642
101,10	0,1450	0,1467	333,10	0,1410	0,1318
102,00	0,1490	0,1583	334,00	0,1429	0,1429
117,13	0,1318	0,1318	341,11	0,1505	0,1373
118,00	0,1335	0,1467	342,00	0,1545	0,1525
125,13	0,1467	0,1467	357,10	0,1390	0,1227
126,00	0,1530	0,1642	358,00	0,1405	0,1336
141,17	0,1373	0,1373	365,11	0,1485	0,1299
142,00	0,1445	0,1602	366,00	0,1520	0,1448
149,17	0,1583	0,1583	381,10	0,1315	0,1191
150,00	0,1695	0,1844	382,00	0,1325	0,1281
165,20	0,1486	0,1486	389,11	0,1435	0,1263
166,00	0,1525	0,1702	390,00	0,1455	0,1410
173,20	0,1662	0,1662	405,10	0,1305	0,1121
174,00	0,1750	0,1906	406,00	0,1325	0,1173
178,75	0,1803	0,1803	413,11	0,1415	0,1156
180,00	0,2000	0,1948	414,00	0,1455	0,1281
189,20	0,1575	0,1742	429,10	0,1340	0,1156
190,00	0,1615	0,1948	430,00	0,1360	0,1245
197,20	0,1750	0,1823	437,11	0,1445	0,1245
198,00	0,1850	0,1990	438,00	0,1465	0,1410
213,20	0,1450	0,1583	453,10	0,1315	0,1173
214,00	0,1500	0,1782	454,00	0,1350	0,1281
			461,11	0,1430	0,1245

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 24 cm (cm³/cm³)</i>
462,00	0,1465	0,1410
477,10	0,1290	0,1156
478,00	0,1305	0,1281
485,11	0,1435	0,1245
486,00	0,1460	0,1448
501,12	0,131	0,1209
502,00	0,1350	0,1373
509,13	0,1485	0,1354
510,00	0,1550	0,1563
525,12	0,1350	0,1299
526,00	0,1375	0,1410
533,13	0,1485	0,1392
534,00	0,1525	0,1544
549,12	0,1350	0,1263
550,00	0,1375	0,1392
557,13	0,1485	0,1354
558,00	0,1525	0,1525
573,13	0,1315	0,1245
574,00	0,1350	0,1448

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 24 cm (cm³/cm³)</i>
581,14	0,1495	0,1410
582,00	0,1555	0,1622
597,13	0,1400	0,1318
598,00	0,1410	0,1410
605,14	0,1495	0,1373
606,00	0,1535	0,1486
621,13	0,1365	0,1173
622,00	0,1380	0,1318
629,14	0,1490	0,1281
630,00	0,1535	0,1486
645,13	0,1375	0,1209
646,00	0,1415	0,1373
653,14	0,1550	0,1354
669,13	0,1465	0,1281
677,14	0,1600	0,1448
693,15	0,148	0,1354
700,00	0,1615	0,1505

Tabla D.13 Parcela 3 – Humedad real y predicción a 12 cm

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 12 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 12 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 12 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 12 cm (cm³/cm³)</i>
0,10	0,0794	0,0794	456,00	0,0950	0,1015
21,50	0,0794	0,0794	477,00	0,0785	0,0913
24,00	0,0953	0,0953	479,00	0,1035	0,1077
47,00	0,0760	0,0833	501,00	0,0810	0,1035
69,50	0,0794	0,0794	503,00	0,1065	0,1184
71,00	0,1000	0,1035	504,00	0,1020	0,1184
72,00	0,0915	0,0939	527,00	0,0850	0,0994
89,00	0,0795	0,0755	549,50	0,0700	0,0853
329,00	0,0790	0,0698	551,00	0,1005	0,0953
333,50	0,0774	0,0774	552,00	0,0955	0,0994
335,00	0,1105	0,1035	555,00	0,0900	0,1015
346,00	0,1010	0,0913	576,00	0,0825	0,0933
357,50	0,0845	0,0794	586,00	0,0815	0,0892
359,00	0,1210	0,0994	600,00	0,0750	0,0873
360,00	0,1165	0,0994	603,00	0,0745	0,0873
383,00	0,0940	0,0833	624,00	0,0700	0,0813
384,00	0,0940	0,0833	627,00	0,0700	0,0813
408,00	0,0815	0,0794	648,00	0,0665	0,079386
413,00	0,1600	0,1176	658,00	0,0665	0,0774
420,00	0,1440	0,1383	685,00	0,0665	0,0953
432,00	0,1165	0,1205	693,67	0,0650	0,087253
438,00	0,1105	0,1162	698,00	0,0873	0,0873

Tabla D.14 Parcela 3 – Humedad real y predicción a 24 cm

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 24 cm (cm³/cm³)</i>
0,10	0,1136	0,1136	477,00	0,1310	0,1447
21,50	0,1050	0,1076	479,00	0,1545	0,1623
24,00	0,1310	0,1405	501,00	0,1370	0,1601
47,00	0,1235	0,1196	503,00	0,1605	0,1736
69,50	0,1120	0,1057	504,00	0,1640	0,1736
71,00	0,1300	0,1362	527,00	0,1400	0,1491
72,00	0,1370	0,1383	549,50	0,1205	0,1237
89,00	0,1340	0,1176	551,00	0,1360	0,1491
329,00	0,1380	0,1076	552,00	0,1455	0,1513
333,50	0,1270	0,1096	555,00	0,1500	0,1513
335,00	0,1500	0,1383	576,00	0,1362	0,1362
346,00	0,1680	0,1341	586,00	0,1380	0,1299
357,50	0,1420	0,1196	600,00	0,1230	0,1258
359,00	0,1700	0,1426	603,00	0,1225	0,1237
360,00	0,1800	0,1448	624,00	0,1135	0,1096
383,00	0,1575	0,1196	627,00	0,1120	0,1076
384,00	0,1555	0,1196	648,00	0,1045	0,0960
408,00	0,1335	0,1116	658,00	0,1045	0,0903
413,00	0,1750	0,1614	685,00	0,1065	0,1136
420,00	0,2250	0,1782	693,67	0,1040	0,1258
432,00	0,1885	0,1713	698,00	0,1450	0,1196
438,00	0,1795	0,1691			
456,00	0,1575	0,1534			

Tabla D.15 Parcela 4 – Humedad real y predicción a 12 cm

Tiempo (h)	Predicción modelo 12 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 12 cm (cm ³ /cm ³)	Tiempo (h)	Predicción modelo 12 cm (cm ³ /cm ³)	Humedad a 12 cm (cm ³ /cm ³)
0,10	0,1035	0,1035	334,00	0,1250	0,1142
10,00	0,1100	0,1124	357,28	0,1088	0,1088
21,40	0,0900	0,0983	358,00	0,1242	0,1142
23,00	0,1140	0,1071	381,28	0,1071	0,1071
45,40	0,0940	0,1018	382,00	0,1200	0,1124
53,00	0,1179	0,1179	405,28	0,1035	0,1035
69,32	0,1090	0,0928	407,00	0,1220	0,1124
70,00	0,1250	0,1179	429,28	0,1053	0,1053
93,32	0,1071	0,1071	441,50	0,1270	0,1197
94,00	0,1240	0,1179	453,28	0,1053	0,1053
117,40	0,1035	0,1035	455,00	0,1210	0,1142
119,00	0,1300	0,1179	477,30	0,1035	0,1035
141,50	0,1000	0,1053	478,00	0,1200	0,1088
143,00	0,1300	0,1197	485,30	0,1165	0,1124
149,50	0,1179	0,1179	489,50	0,1270	0,1216
150,00	0,1329	0,1329	501,35	0,1035	0,1035
165,52	0,1071	0,1071	503,00	0,1210	0,1161
167,00	0,1320	0,1179	525,33	0,1053	0,1053
178,75	0,1310	0,1179	526,00	0,1160	0,1142
179,75	0,1600	0,1367	549,33	0,1071	0,1071
189,55	0,1180	0,1124	550,00	0,1235	0,1161
190,00	0,1315	0,1272	573,38	0,0970	0,1071
213,55	0,1065	0,1106	574,00	0,1124	0,1124
214,00	0,1230	0,1272	597,35	0,1035	0,1071
237,55	0,1025	0,1124	598,00	0,1179	0,1179
238,00	0,1216	0,1216	621,35	0,1011	0,1071
261,42	0,1080	0,1124	622,00	0,1161	0,1161
263,00	0,1335	0,1253	645,38	0,1050	0,1088
285,38	0,1124	0,1124	646,00	0,1179	0,1179
287,00	0,1335	0,1234	669,38	0,1006	0,1006
309,38	0,1124	0,1124	670,00	0,1197	0,1197
310,00	0,1280	0,1216	693,42	0,1005	0,1124
333,28	0,1106	0,1106	694,00	0,1180	0,1216

Tabla D.16 Parcela 4 – Humedad real y predicción a 24 cm

<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Predicción modelo 24 cm (cm³/cm³)</i>	<i>Humedad a 24 cm (cm³/cm³)</i>
0,10	0,1958	0,1958	334,00	0,2095	0,2223
10,00	0,1900	0,2023	357,28	0,2056	0,2056
21,40	0,1790	0,1702	358,00	0,2060	0,2122
23,00	0,1800	0,1925	381,28	0,2035	0,2056
45,40	0,1900	0,1829	382,00	0,2020	0,2122
53,00	0,2060	0,2122	405,28	0,2005	0,1958
69,32	0,2060	0,1958	407,00	0,2050	0,2122
70,00	0,2065	0,2089	429,28	0,1991	0,1991
93,32	0,2025	0,1991	441,50	0,2190	0,2223
94,00	0,2025	0,2122	453,28	0,1991	0,1991
117,40	0,2020	0,1958	455,00	0,2030	0,2122
119,00	0,2070	0,2189	477,30	0,2000	0,1958
141,50	0,1991	0,1991	478,00	0,2010	0,2023
143,00	0,2050	0,2290	485,30	0,2056	0,2056
149,50	0,2130	0,2189	489,50	0,2190	0,2223
150,00	0,2150	0,2325	501,35	0,1958	0,1958
165,52	0,2050	0,2023	503,00	0,2000	0,2156
167,00	0,2100	0,2223	525,33	0,1991	0,1991
178,75	0,2315	0,2223	526,00	0,1980	0,2089
179,75	0,2400	0,2673	549,33	0,2035	0,1991
189,55	0,2200	0,2290	550,00	0,2040	0,2122
190,00	0,2190	0,2462	573,38	0,1965	0,1991
213,55	0,2080	0,2189	574,00	0,1950	0,2089
214,00	0,2070	0,2325	597,35	0,1991	0,1991
237,55	0,2015	0,2190	598,00	0,1990	0,2156
238,00	0,2005	0,2223	621,35	0,1991	0,1991
261,42	0,2075	0,2223	622,00	0,1985	0,2156
263,00	0,2125	0,2393	645,38	0,1991	0,1991
285,38	0,2100	0,2189	646,00	0,2000	0,2122
287,00	0,2155	0,2359	669,38	0,2000	0,2023
309,38	0,2090	0,2156	670,00	0,1995	0,2156
310,00	0,2090	0,2290	693,42	0,1990	0,2023
333,28	0,2100	0,2156	694,00	0,1980	0,2156

E. Conductividad eléctrica y concentración de cloruro del agua de drenaje (CE₃₀)

Tabla E.1 Conductividad eléctrica y concentración de cloruro en el drenaje (CE₃₀)

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE ₁₈ (μS/cm)	CE ₃₀ (μS/cm)	[Cl ⁻] (mg/L)	CE ₁₈ (μS/cm)	CE ₃₀ (μS/cm)	[Cl ⁻] (mg/L)	CE ₁₈ (μS/cm)	CE ₃₀ (μS/cm)	[Cl ⁻] (mg/L)	CE ₃₀ (μS/cm)	[Cl ⁻] (mg/L)	CE ₁₈ (μS/cm)	CE ₃₀ (μS/cm)
01/01/2009		1.003	94,5		965	84,1							887
02/01/2009		932	84,8		968	84,8							907
03/01/2009		794	59,6		700	50,1		641	52,2				609
04/01/2009		756	57,4		618	44,2		554	44,0				521
05/01/2009		692	51,4		555	39,8		421	35,9				504
06/01/2009		691	50,6		553	40,0		374	30,9				505
07/01/2009		704	51,8		547	39,2							551
08/01/2009		710	52,5		539	37,4							541
09/01/2009		739	51,3		541	37,5		508	35,3				454
10/01/2009		708	51,8		519	35,8		483	33,6				471
11/01/2009		684	51,7		517	34,9							501
12/01/2009					523	34,6							521
13/01/2009		738	51,7		515	34,4							460
14/01/2009		748	52,6		555	36,0							448
15/01/2009					597	38,2							452
16/01/2009					641	40,2							469
17/01/2009					700	43,8							495
18/01/2009					758	47,1							523
19/01/2009					773	50,7							513

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
20/01/2009													
21/01/2009													
22/01/2009													
23/01/2009													
24/01/2009													
25/01/2009													
26/01/2009													
27/01/2009													
28/01/2009													
29/01/2009													
30/01/2009													
31/01/2009													
01/02/2009													
02/02/2009													
03/02/2009					930	60,6				484	25,0		601
04/02/2009													
05/02/2009													
06/02/2009													
07/02/2009													
08/02/2009													
09/02/2009													
10/02/2009													

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
11/02/2009													
12/02/2009													
13/02/2009													
14/02/2009													
15/02/2009													
16/02/2009													
17/02/2009										577	37,2		468
18/02/2009										635	40,6		436
19/02/2009										627	39,4		419
20/02/2009										632	39,2		398
21/02/2009													421
22/02/2009													
23/02/2009													448
24/02/2009										633	40,1		402
25/02/2009					758	42,5				658	40,9		440
26/02/2009					537	36,9				635	43,3		442
27/02/2009													
28/02/2009					609	33,9				697	42,8		515
01/03/2009					585	33,4				719	46,2		521
02/03/2009		655	36,7		602	35,0				749	47,7		565
03/03/2009		671	32,3		608	33,6		678	42,2	775	47,0		621
04/03/2009		694	33,3		651	32,2		666	40,9	833	48,6		686

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
05/03/2009		627	33,8		638	33,6				823	49,8		699
06/03/2009					682	36,2							716
07/03/2009					627	34,4							680
08/03/2009					708	34,5							700
09/03/2009					657	36,8				827	51,6		733
10/03/2009		611	37,9		670	36,5				825	50,5		756
11/03/2009		721	34,4		718	35,9				904	51,1		824
12/03/2009		695	33,0		676	35,9				851	51,2		816
13/03/2009		661	25,9		791	35,8				877	50,7		791
14/03/2009		709	33,9		685	36,1				887	50,3		825
15/03/2009		710	34,2		722	37,0				916	50,8		846
16/03/2009		743	34,2		793	38,7				945	51,0		875
17/03/2009		690	34,8		799	40,3				933	51,4		862
18/03/2009					780	41,4				921	51,5		812
19/03/2009					826	44,1				933	56,2		842
20/03/2009					791	43,2				919	55,4		812
21/03/2009					794	42,7				920	56,0		819
22/03/2009					787	42,3							824
23/03/2009					783	37,9							851
24/03/2009													861
25/03/2009													815
26/03/2009													859

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
27/03/2009													852
28/03/2009					821	38,0				955	50,7		937
29/03/2009					866	39,9				1.011	53,9		992
30/03/2009		904	42,0		933	44,2		985	54,0	1.108	59,4		1.060
31/03/2009		1.008	50,8		1.144	56,1		1.081	55,6	1.085	59,0		1.130
01/04/2009		1.044	52,2		1.165	58,8							1.146
02/04/2009					1.144	56,8				1.128	62,9		1.046
03/04/2009					1.085	56,0							1.038
04/04/2009					1.038	54,2							989
05/04/2009													
06/04/2009													
07/04/2009		953	53,7		1.038	52,8		1.001	53,0	963	52,4		1.044
08/04/2009		1.035	51,5		1.127	53,2				947	50,5		995
09/04/2009					1.141	54,3							1.036
10/04/2009		1.079	53,6		1.116	54,5		1.004	53,5	851	48,8		1.049
11/04/2009		1.016	47,2		929	43,6		812	41,8	563	28,5		701
12/04/2009		891	41,3		721	37,9		635	29,0	460	22,7		593
13/04/2009					662	28,2				429	21,5		613
14/04/2009					723	33,8							624
15/04/2009		863	38,1		838	35,8				452	26,0		694
16/04/2009													
17/04/2009													

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
18/04/2009													
19/04/2009													
20/04/2009													
21/04/2009													
22/04/2009													
23/04/2009													
24/04/2009													
25/04/2009													
26/04/2009													
27/04/2009													
28/04/2009													
29/04/2009													
30/04/2009													
01/05/2009										957	47,3		830
02/05/2009										1.214	63,8		772
03/05/2009										1.330	68,0		722
04/05/2009					925	38,3		907	43,1	1.245	69,2		855
05/05/2009					946	42,9		925	45,9	1.112	61,2		947
06/05/2009					1.060	56,5		1.032	54,8	1.086	60,7		931
07/05/2009					1.183	59,8				1.167	62,5		1.052
08/05/2009		1.054	57,9		1.202	62,9		1.110	58,3	1.070	59,6		1.036
09/05/2009		1.042	54,0		1.183	60,1		1.163	61,7	1.035	56,6		1.013

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
10/05/2009		1.100	51,7		1.180	58,1		1.240	62,9	1.041	58,5		1.033
11/05/2009		1.170	57,3		1.205	63,1		1.206	66,3	1.029	63,7		1.029
12/05/2009		1.098	54,0		1.190	58,2		1.165	63,1	977	53,8		1.102
13/05/2009		1.155	58,1		1.203	60,7		1.178	62,7	972	53,3		1.139
14/05/2009		1.188	64,5		1.176	67,4		1.149	67,2	970	59,5		1.162
15/05/2009		1.198	56,2		1.212	58,8		1.081	50,6	981	54,3		1.132
16/05/2009		1.156	59,7		1.145	59,8		1.063	57,4	958	55,9		1.126
17/05/2009		1.220	58,7		1.238	59,6		1.129	55,6	987	55,0		1.132
18/05/2009		1.211	59,4		1.185	59,3		1.053	55,3	961	55,7		1.102
19/05/2009		1.190	60,4		1.187	62,8		940	54,7	946	65,2		1.082
20/05/2009		1.189	61,8		1.186	60,4		1.090	54,1	962	60,7		1.089
21/05/2009		1.212	61,4		1.197	61,4		1.088	56,0	978	62,6		1.087
22/05/2009		1.207	61,0		1.163	66,4		1.101	56,7	1.010	63,5		1.119
23/05/2009		1.164	62,1		1.143	63,6				1.005	67,3		1.079
24/05/2009					1.177	62,8				1.009	65,3		1.089
25/05/2009					1.178	57,3				1.016	73,3		1.096
26/05/2009		1.135	75,3		1.144	81,5				1.023	71,3		1.098
27/05/2009								1.205	56,7	1.044	74,0		1.150
28/05/2009		1.175	79,0		1.144	59,1		1.133	70,6	1.047	77,1		1.112
29/05/2009		1.208	56,9		1.139	60,9		1.168	66,8	1.099	81,8		1.154
30/05/2009		1.222	58,9		1.190	85,9		1.170	71,9	1.157	89,5		1.164
31/05/2009		1.236	62,7		1.291	95,6		1.234	76,9	1.286	95,5		1.263

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
01/06/2009		1.283	64,6		1.317	83,4		1.274	81,8	1.321	96,2		1.321
02/06/2009		1.252	67,8		1.354	85,6		1.329	86,6	1.331	94,3		1.382
03/06/2009		1.338	68,8		1.369	83,1		1.335	85,7	1.306	84,4		1.368
04/06/2009		1.338	72,1		1.412	83,6		1.433	79,8	1.300	87,1		1.433
05/06/2009		1.366	74,0		1.428	81,5		1.483	96,2	1.323	86,2		1.369
06/06/2009		1.419	72,2		1.433	81,6		1.462	95,6	1.317	82,5		1.327
07/06/2009		1.433	102,8		1.429	108,9		1.451	110,8	1.272	92,7		1.342
08/06/2009		1.396	71,9		1.385	83,2				1.223	80,8		1.304
09/06/2009		1.345	94,7		1.332	99,6				1.167	83,9		1.283
10/06/2009		1.362	66,2		1.340	84,9				1.153	76,1		1.302
11/06/2009		1.346	94,8		1.334	99,8				1.121	80,0		1.350
12/06/2009		1.459	71,6		1.406	106,7		1.379	84,3	1.183	76,8		1.451
13/06/2009		1.467	106,0		1.375	103,7		1.383	104,2	1.164	83,6		1.459
14/06/2009		1.492	71,6		1.372	81,5		1.378	88,1	1.173	79,5		1.449
15/06/2009		1.547	113,3		1.424	108,4		1.452	110,9	1.239	89,9		1.486
16/06/2009		1.554	73,1		1.397	83,2				1.245	85,1		1.468
17/06/2009		1.378	97,7		1.391	105,3				1.220	88,3		1.489
18/06/2009		1.517	72,6		1.399	48,8				1.222	84,6		1.512
19/06/2009		1.527	73,3		1.433	88,0		1.515	102,1	1.242	87,0		1.533
20/06/2009		1.512	74,8		1.471	91,4		1.525	103,0	1.287	90,6		1.576
21/06/2009		1.529	78,3		1.381	88,1				1.279	91,0		1.575
22/06/2009		1.535	77,5		1.427	91,1				1.341	93,5		1.584

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
23/06/2009		1.496	79,2		1.464	94,2		1.527	107,3	1.362	96,9		1.559
24/06/2009		1.361	73,4		1.417	48,0				1.318	95,8		1.513
25/06/2009		1.512	79,3		1.424	68,7				1.330	96,3		1.469
26/06/2009		1.480	79,8		1.468	97,3		1.465	101,5	1.316	96,4		1.475
27/06/2009		1.484	107,5		1.417	107,8		1.448	102,6	1.247	99,1		1.404
28/06/2009		1.404	100,1		1.426	108,6		1.435	109,3	1.274	92,9		1.394
29/06/2009		1.445	84,1		1.399	97,8		1.427	112,0	1.233	99,2		1.351
30/06/2009		1.463	105,6		1.477	113,5		1.458	111,5	1.318	96,6		1.440
01/07/2009		1.077	85,6		1.073	92,3		1.130	105,8	1.040	99,6		1.269
02/07/2009		1.420	85,4		1.408	104,7		1.442	104,8	1.259	100,8		1.385
03/07/2009					1.396	104,6		1.493	103,9	1.173	98,9		1.411
04/07/2009		1.563	86,3		1.530	107,6		1.566	108,3	1.353	102,5		1.455
05/07/2009		1.502	87,0		1.497	108,8				1.333	100,9		1.474
06/07/2009		1.284	87,1		1.440	110,1				1.234	101,9		1.334
07/07/2009		1.409	89,8		1.235	111,6				1.240	101,8		1.291
08/07/2009		1.378	97,2		1.442	113,1				1.281	102,8		1.361
09/07/2009		1.437	89,2		1.503	115,3		1.559	114,7	1.393	105,8		1.429
10/07/2009		1.469	91,0		1.456	115,1				1.338	105,8		1.398
11/07/2009		1.418	92,7		1.388	113,7				1.324	111,0		1.381
12/07/2009		1.476	92,5		1.362	116,2				1.378	113,5		1.434
13/07/2009		1.571	90,8		1.476	111,6				1.421	105,3		1.470
14/07/2009		1.449	91,2		1.482	113,5				1.436	117,5		1.496

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
15/07/2009		1.541	90,4		1.559	117,2				1.477	118,1		1.547
16/07/2009		1.523	90,3		1.582	121,4				1.472	117,4		1.542
17/07/2009		1.416	91,1		1.448	119,6				1.385	119,1		1.443
18/07/2009										1.353	118,6		1.364
19/07/2009		1.564	92,8		1.580	118,0				1.506	117,7		1.545
20/07/2009		1.453	93,5		1.519	120,4				1.411	117,5		1.474
21/07/2009		1.571	95,6		1.589	123,4				1.468	119,7		1.530
22/07/2009		1.580	99,2		1.623	129,2		1.572	109,5	1.447	117,6		1.495
23/07/2009		1.543	100,2		1.607	134,9		1.472	103,1	1.425	115,6		1.440
24/07/2009		1.520	104,2		1.602	140,3		1.462	109,1	1.479	117,0		1.498
25/07/2009		1.539	109,6		1.618	143,8		1.496	118,4	1.563	116,6		1.531
26/07/2009		1.618	120,2		1.678	136,1		1.566	118,6	1.696	111,5		1.616
27/07/2009		1.656	120,0		1.711	147,4		1.623	121,2	1.743	113,5		1.685
28/07/2009		1.666	124,1		1.736	153,5		1.643	123,1	1.740	110,3		1.699
29/07/2009		1.735	125,7		1.769	156,5		1.694	124,4	1.823	109,0		1.795
30/07/2009		1.676	127,4		1.723	159,2		1.617	127,8	1.694	108,7		1.734
31/07/2009		1.650	129,8		1.713	159,5		1.612	129,3	1.632	107,0		1.743
01/08/2009		1.621	132,1		1.694	160,5		1.569	131,2	1.570	106,8		1.718
02/08/2009		1.637	133,0		1.733	163,9				1.590	101,0		1.739
03/08/2009		1.662	131,8		1.721	166,7				1.512	101,5		1.781
04/08/2009		1.692	134,3		1.778	155,5		1.627	132,8	1.549	99,8		1.797
05/08/2009		1.718	144,3		1.801	163,5		1.676	144,6	1.620	103,6		1.799

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
06/08/2009		1.781	146,3		1.880	163,2		1.775	143,4	1.688	103,6		1.863
07/08/2009		1.702	146,8		1.810	162,8		1.703	147,3	1.610	103,0		1.774
08/08/2009		1.663	146,1		1.764	163,0		1.569	146,8	1.545	101,2		1.730
09/08/2009					1.766	165,8				1.576	100,6		1.757
10/08/2009										1.513	97,9		1.689
11/08/2009					1.697	162,7				1.532	99,6		1.698
12/08/2009		1.680	151,5		1.752	168,6		1.629	141,3	1.483	99,8		1.661
13/08/2009		1.732	149,3		1.806	162,1				1.540	98,5		1.727
14/08/2009					1.645	160,1		1.620	141,5	1.439	96,6		1.640
15/08/2009		1.687	149,5		1.774	157,8		1.676	145,2	1.455	99,9		1.687
16/08/2009					1.738	159,5		1.661	144,9	1.413	98,2		1.669
17/08/2009		1.770	149,5		1.876	160,9		1.724	147,0	1.433	97,5		1.748
18/08/2009		1.725	154,1		1.843	165,5		1.714	147,9	1.425	99,3		1.679
19/08/2009		1.749	132,0		1.885	152,8		1.727	137,4	1.417	105,0		1.783
20/08/2009		1.720	129,3		1.856	150,0		1.710	135,8	1.395	103,1		1.781
21/08/2009		1.614	160,1		1.753	161,8		1.660	161,8	1.367	103,6		1.690
22/08/2009		1.667	124,4		1.742	139,0		1.686	133,5	1.386	102,3		1.624
23/08/2009		1.610	157,9		1.694	149,3		1.675	160,7	1.374	104,6		1.598
24/08/2009		1.631	121,1		1.906	154,8		1.692	134,1	1.371	101,1		1.597
25/08/2009		1.589	117,2		1.887	153,0		1.729	137,6	1.363	100,4		1.533
26/08/2009		1.668	149,8		1.912	168,5		1.825	162,8	1.429	107,7		1.639
27/08/2009		1.699	127,3		1.837	148,2		1.799	144,4	1.402	103,7		1.655

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
28/08/2009		1.694	126,9		1.772	141,9		1.805	145,0	1.414	104,7		1.697
29/08/2009		1.705	149,9		1.781	143,3		1.832	163,4	1.412	108,4		1.790
30/08/2009		1.631	121,1		1.706	135,6		1.783	142,8	1.422	105,4		1.690
31/08/2009		1.659	123,7		1.712	136,1		1.824	146,8	1.418	105,0		1.670
01/09/2009		1.814	154,0		1.820	142,5		1.927	161,3	1.565	114,6		1.813
02/09/2009		1.708	128,2		1.724	137,3		1.790	143,5	1.469	109,3		1.687
03/09/2009		1.747	131,8		1.758	140,6		1.880	152,2	1.511	112,9		1.757
04/09/2009		1.698	149,6		1.668	136,9		1.876	159,2	1.505	122,4		1.806
05/09/2009		1.688	126,3		1.710	135,9		1.912	155,3	1.552	116,3		1.736
06/09/2009		1.725	129,7		1.720	136,9		1.903	154,4	1.550	116,2		1.757
07/09/2009		1.739	142,1		1.756	140,1		1.885	149,9	1.574	129,4		1.799
08/09/2009					1.749	139,7		1.813	145,7	1.402	103,7		1.728
09/09/2009										1.504	112,3		
10/09/2009													
11/09/2009		1.762	138,1		1.733	135,5		1.943	149,4	1.585	128,6		1.836
12/09/2009		1.814	149,0		1.821	147,5		1.964	154,8	1.637	133,6		1.822
13/09/2009		1.859	151,2		1.880	165,0		1.957	169,4	1.794	123,4		1.780
14/09/2009		2.230	199,3		1.862	173,4		2.250	229,6	1.493	137,5		2.290
15/09/2009		1.981	201,4		1.553	144,4		2.050	201,8	1.679	156,9		2.100
16/09/2009		1.957	198,1		1.515	135,0		1.956	193,9	1.790	172,1		1.869
17/09/2009		2.140	193,3		2.090	196,5		1.753	151,5	1.816	159,9		2.150
18/09/2009		2.160	198,8		1.410	111,0		1.702	142,7	983	68,6		1.750

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
19/09/2009		2.110	200,7		1.342	108,8		1.384	105,5	968	69,9		1.800
20/09/2009		2.080	162,5		1.453	111,2		1.312	97,4	919	62,9		1.795
21/09/2009		2.220	175,4		1.654	130,6		1.389	104,8	1.001	69,8		1.957
22/09/2009		2.160	170,5		1.515	114,3		1.539	113,2	941	61,9		1.981
23/09/2009		1.711	125,1		1.250	78,4		1.149	81,2	773	45,6		1.214
24/09/2009		1.733	120,8		987	66,5		978	67,1	632	40,9		1.265
25/09/2009		1.614	119,5		1.168	83,8		1.002	67,5	718	46,0		1.375
26/09/2009		1.542	112,9		1.244	91,1		976	65,0	665	41,5		1.414
27/09/2009		933	49,2		855	51,5		628	33,5	403	17,9		551
28/09/2009		1.002	63,1		975	65,2		561	24,9	546	31,4		
29/09/2009		1.002	60,0		1.095	76,7		561	30,9	546	31,8		467
30/09/2009		567	22,6		286	7,5		299	7,5	233	4,9		287
01/10/2009		608	23,2		298	6,3		322	8,3	235	4,8		302
02/10/2009		703	30,5		199	5,4		362	8,7	228	5,0		310
03/10/2009		771	29,7		272	5,1		362	7,5	225	5,8		325
04/10/2009		724	27,4		264	4,9		352	6,8	236	5,3		326
05/10/2009		707	35,9		275	2,1		373	6,8	246	6,1		339
06/10/2009		732	38,2		285	1,1		375	7,0	238	5,4		349
07/10/2009		729	37,9		317	1,9		401	9,5	243	5,9		379
08/10/2009		747	39,6		317	1,9		412	10,5	262	7,5		392
09/10/2009		723	37,4		327	2,9		408	10,2	263	7,6		397
10/10/2009		716	36,7		393	9,2				268	8,0		388

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
11/10/2009		723	37,4		336	3,8		421	11,4	272	8,3		
12/10/2009		669	32,4		331	3,3				255	6,9		359
13/10/2009		702	35,4		383	8,3		437	13,0	298	10,5		439
14/10/2009		657	19,9		484	17,7		442	9,8	277	5,4		432
15/10/2009		736	38,6		570	26,3		438	13,1	291	9,9		413
16/10/2009		599	25,9		546	24,0		460	15,2	307	11,3		543
17/10/2009		618	15,2		575	23,6		460	7,1	320	7,0		299
18/10/2009		519	18,5		640	33,0		459	15,1	303	10,9		294
19/10/2009		571	23,3		558	25,1		481	17,2	331	13,3		305
20/10/2009		552	11,8		504	18,5		516	12,2	354	9,8		
21/10/2009		506	17,3		429	12,7		439	13,2	342	9,8		312
22/10/2009		599	25,9		457	15,4		517	20,7	418	9,8		324
23/10/2009		531	12,6		423	15,8		434	15,1	427	22,7		288
24/10/2009		561	22,4		398	9,7		511	20,1	408	19,8		346
25/10/2009		561	22,4		398	9,7		511	20,1	408	19,8		346
26/10/2009		538	20,3		428	12,6		490	18,1	464	24,5		385
27/10/2009		535	20,0		497	19,3		547	23,6	473	25,3		384
28/10/2009		540	20,5		537	23,1		558	24,6	501	27,6		419
29/10/2009		547	21,1		587	27,9		594	28,1	544	31,3		454
30/10/2009		546	21,0		546	24,0		587	27,4	542	31,1		466
31/10/2009		560	22,3		576	26,9		617	30,3	593	32,9		461
01/11/2009		494	16,2		608	29,9		623	30,9	630	38,5		501

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
02/11/2009		603	26,3		553	24,6				659	41,0		513
03/11/2009		567	23,0		590	28,2				647	40,0		503
04/11/2009		557	22,1		563	25,6							
05/11/2009		545	20,9		529	22,3				495	27,1		
06/11/2009		563	22,6		512	20,7				613	37,1		
07/11/2009		526	19,2		572	26,5		673	35,7	632	38,7		
08/11/2009													
09/11/2009		532	19,7		611	30,2				722	46,3		
10/11/2009		633	29,1		778	46,3		731	41,3	845	60,9		600
11/11/2009		605	26,5		881	56,2		853	53,1	1.138	95,9		753
12/11/2009		666	32,1		1.043	71,8		959	63,3	1.247	112,2		892
13/11/2009		697	35,0		1.164	83,4		1.098	76,7	1.464	141,1		1.026
14/11/2009		729	37,9		1.281	94,7		1.441	109,8	1.584	158,5		1.034
15/11/2009		725	37,5		1.236	90,3		1.180	84,7	1.588	166,6		1.096
16/11/2009		777	42,3		1.282	94,8		1.135	80,3	1.732	131,5		1.099
17/11/2009		773	42,0		1.216	88,4				1.787	136,2		1.048
18/11/2009		785	43,1		1.265	93,1		1.300	96,2	1.884	205,0		1.155
19/11/2009		847	48,8		1.252	91,9		1.283	94,6	2.000	154,2		1.193
20/11/2009													
21/11/2009		874	53,4		1.258	124,5		1.424	129,8	2.090	161,8		1.273
22/11/2009		899	53,6		1.252	91,9		1.396	105,5	2.100	162,6		1.322
23/11/2009		914	55,0		1.235	90,2				2.130	165,1		1.275

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
24/11/2009		894	64,0		1.125	104,6		1.400	137,6	2.170	168,5		1.298
25/11/2009		955	58,7		1.169	83,9		1.423	108,1	2.150	166,8		1.446
26/11/2009		1.004	63,3		1.139	81,0		1.507	116,2	2.070	160,1		1.476
27/11/2009		1.024	65,1		1.094	76,7		1.406	106,5	1.907	146,3		1.424
28/11/2009		1.024	65,1		1.094	76,7		1.488	114,3	1.908	146,4		<u>1.424</u>
29/11/2009		1.073	69,6		1.226	89,4		1.569	122,2	1.908	146,4		1.583
30/11/2009		1.013	64,1		1.152	82,3		1.356	101,6	1.697	128,6		1.706
01/12/2009		1.026	65,3		1.148	81,9				1.636	123,4		1.488
02/12/2009		1.076	69,9		1.137	80,8		1.332	132,6	1.572	118,0		1.536
03/12/2009		1.139	97,9		1.225	118,7		1.491	114,7	1.569	117,8		1.602
04/12/2009		1.141	75,9		1.141	81,2		1.041	71,2	1.448	107,6		1.559
05/12/2009		1.196	81,0		1.273	93,9				1.431	106,1		1.597
06/12/2009		1.136	114,1		1.087	113,6		1.321	123,5	1.314	96,3		1.551
07/12/2009		1.215	82,7		1.195	104,6		1.536	119,0	1.336	98,1		1.611
08/12/2009		1.135	75,3		1.163	83,3				1.219	88,2		1.569
09/12/2009		1.210	112,0		1.144	103,0		1.400	118,0	1.234	89,5		1.672
10/12/2009		1.080	70,3		1.033	70,8		1.266	93,0	1.054	74,3		1.466
11/12/2009		1.080	70,3		1.033	70,8				<u>978</u>	67,9		1.410
12/12/2009		1.050	67,5		1.037	71,2				902	61,5		1.354
13/12/2009		1.125	83,1		1.085	104,1		1.206	116,5	994	69,3		1.456
14/12/2009		1.198	124,2		995	86,0		939	61,4	850	57,1		1.134
15/12/2009		1.102	127,8		818	70,9		811	68,0	706	44,9		947

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
16/12/2009		1.218	83,0		808	49,2		923	75,9	759	49,4		1.121
17/12/2009		1.086	70,8		736	42,2		764	75,9	620	37,7		965
18/12/2009		1.053	115,6		785	71,1		779	62,4	625	38,1		997
19/12/2009		1.095	71,7		834	70,9		713	39,6	599	35,9		1.006
20/12/2009		1.137	75,5		899	57,9				608	36,7		1.064
21/12/2009		1.216	82,8		872	55,3		822	50,1	588	35,0		1.100
22/12/2009		1.117	73,7		808	49,2		801	48,1	579	34,2		1.047
23/12/2009		1.115	98,2		885	64,0		860	57,2	575	33,9		1.050
24/12/2009		1.104	92,3		813	53,8		797	53,6	656	43,7		723
25/12/2009		1.104	92,3		813	53,8		797	47,7	656	43,7		723
26/12/2009		1.045	69,4		668	38,9		715	35,2	508	31,3		667
27/12/2009		918	79,1		450	31,2		597	39,2	452	28,0		546
28/12/2009		965	59,7		580	27,2		515	20,5	370	16,6		500
29/12/2009		921	68,2		585	31,0		558	29,8	439	21,2		517
30/12/2009		896	61,1		581	26,8		590	28,7	492	25,1		580
31/12/2009		931	56,5		599	29,1		586	27,3	413	20,2		533
01/01/2010		931	56,5		599	29,1		586	27,3	413	20,2		533
02/01/2010		845	61,3		517	26,2		566	29,3	387	17,5		450
03/01/2010		845	48,6		505	20,0		577	26,5	344	14,4		409
04/01/2010		778	52,8		488	23,8		619	33,7	418	8,4		488
05/01/2010		710	48,9		446	18,5		592	34,9	495	31,8		466
06/01/2010		668	44,1		419	18,0		563	33,0	425	25,5		454

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
07/01/2010		481	30,4		389	19,7		449	27,4	304	18,5		298
08/01/2010		556	28,6		414	16,0		443	22,9	372	16,8		372
09/01/2010		558	22,1		337	3,9		476	16,7	271	8,2		333
10/01/2010		521	26,6		307	13,0		404	20,5	203	9,3		297
11/01/2010		498	26,3		303	12,7		367	18,3	190	8,9		277
12/01/2010		632	26,9		365	12,7		413	15,5	233	8,4		313
13/01/2010		572	24,8		342	12,4		362	13,0	213	8,0		279
14/01/2010		590	25,1		370	7,0		365	6,0	365	16,2		236
15/01/2010		605	26,5		375	7,5		358	5,3	249	6,4		303
16/01/2010		523	20,8		336	11,9		370	12,3	236	8,7		202
17/01/2010		512	20,3		319	11,0		318	9,9	200	7,7		254
18/01/2010		492	16,1		385	8,5		331	2,7	221	4,0		249
19/01/2010		483	15,2		401	10,0		316	1,3	229	4,7		235
20/01/2010		481	15,0		430	12,8		305	0,2	237	5,4		248
21/01/2010		478	14,8		469	16,6				244	8,3		254
22/01/2010		449	14,1		453	21,7		322	8,9	233	5,0		255
23/01/2010		449	12,1		460	15,7				240	5,6		244
24/01/2010		449	12,1		421	11,9				250	6,5		244
25/01/2010		433	13,1		590	28,5				234	8,2		262
26/01/2010		407	8,2		448	14,5				227	4,5		248
27/01/2010		407	8,2		448	14,5							248
28/01/2010													248

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
29/01/2010													
30/01/2010													
31/01/2010													
01/02/2010		426	10,0		413	11,2							
02/02/2010													
03/02/2010													
04/02/2010		544	21,8		503	16,7				298	9,4		295
05/02/2010		444	11,6		546	29,2				295	10,3		262
06/02/2010													
07/02/2010													
08/02/2010		458	11,9		601	29,4		459	12,3	300	10,1		221
09/02/2010		362	12,2		336	13,6		400	13,6	268	12,3		221
10/02/2010		372	5,0		306	0,9		380	7,5	275	8,6		233
11/02/2010		373	5,1		282	1,4				274	8,5		233
12/02/2010		471	15,4		386	13,8		478	16,3	328	13,9		283
13/02/2010		500	16,8		392	9,2		436	12,9	318	12,2		284
14/02/2010		515	18,2		399	9,8				331	13,3		294
15/02/2010		431	11,8		345	15,1		407	13,2	319	18,3		272
16/02/2010		435	9,1		370	17,2		419	14,1	352	20,4		298
17/02/2010		410	11,5		354	17,5		380	15,5	331	22,0		280
18/02/2010		428	11,6		380	18,5		413	18,9	427	33,8		313
19/02/2010		461	14,8		465	25,2		501	29,0	414	39,3		405

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
20/02/2010		408	11,8		422	23,9		457	27,1	465	40,9		383
21/02/2010		418	9,2		404	10,3				477	25,6		385
22/02/2010		426	10,0		382	8,2				386	17,9		478
23/02/2010		457	12,8		414	11,3				512	28,6		428
24/02/2010		477	16,3		456	22,8		560	24,8	528	40,9		406
25/02/2010		484	15,3		463	16,0				528	29,9		397
26/02/2010													
27/02/2010		489	17,6		522	32,2		606	36,7	590	44,1		438
28/02/2010		497	16,5		568	26,1		604	29,1	597	35,7		473
01/03/2010		457	12,8		503	19,8		560	24,8	572	33,6		443
02/03/2010		442	15,1		551	32,2		589	37,7	489	46,2		468
03/03/2010		537	21,2		571	33,2		638	37,0	606	40,7		589
04/03/2010		493	25,6		528	34,8		550	35,1	548	39,1		532
05/03/2010		605	28,5		636	35,9		604	36,4	577	37,6		569
06/03/2010		573	29,0		613	35,2		622	35,9	600	38,0		565
07/03/2010		566	29,4		594	34,5		622	37,0	606	36,5		585
08/03/2010		553	29,8		614	33,9		646	36,0	635	35,8		606
09/03/2010		507	17,4		564	25,7		578	26,6	596	35,7		525
10/03/2010		521	28,2		586	33,9		627	33,6	621	34,6		528
11/03/2010		508	17,5		470	16,7		629	31,5	666	41,6		502
12/03/2010		600	26,0		657	34,6				737	47,6		564
13/03/2010		531	30,1		672	33,8		682	31,6	701	31,9		533

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
14/03/2010		560	22,3		666	35,5		720	40,3	715	45,7		556
15/03/2010		563	22,6		637	32,7				744	48,2		566
16/03/2010		533	32,8		680	35,3		785	34,6	767	50,1		584
17/03/2010		595	25,6		777	46,2		860	53,8	881	59,7		630
18/03/2010		617	27,6		768	45,3				945	65,1		608
19/03/2010		626	30,2		803	38,5		997	34,8	1.022	71,6		662
20/03/2010		616	27,5		801	48,5		992	66,5	1.037	72,9		707
21/03/2010		992	31,7		788	37,3		1.016	35,6	1.092	77,5		741
22/03/2010		541	32,9		664	34,6		900	36,3	987	68,7		727
23/03/2010		647	30,3		802	48,6		1.027	69,9	1.144	81,9		832
24/03/2010		660	31,5		778	46,3				1.162	83,4		814
25/03/2010		629	31,6		743	37,3		978	36,2	1.101	78,3		787
26/03/2010		674	32,8		782	46,7				1.111	79,1		822
27/03/2010		662	31,3		788	35,4		1.031	35,6	1.166	83,8		811
28/03/2010		748	39,7		839	52,2							871
29/03/2010		657	35,0		719	34,1		939	34,5	1.023	71,7		767
30/03/2010		623	34,1		685	31,5		916	35,8	870	58,8		827
31/03/2010		722	37,3		760	44,6		915	59,1	845	56,7		907
01/04/2010		660	31,5		680	36,9				741	47,9		678
02/04/2010													
03/04/2010		675	32,9		780	46,5				766	50,0		
04/04/2010		660	31,5		704	39,2							

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
05/04/2010		672	32,7		717	40,4							
06/04/2010		689	34,2		730	41,7				807	53,5		
07/04/2010		724	37,4		744	30,3		917	59,3	868	58,6		856
08/04/2010		678	33,2		681	37,0		847	52,5	774	50,7		810
09/04/2010					746	43,2		943	61,8	783	51,4		897
10/04/2010		739	38,8		773	26,7		896	57,3	786	51,7		786
11/04/2010		689	34,2		721	40,8		781	46,2	737	47,6		737
12/04/2010		659	31,5		699	28,1		772	45,3	763	49,8		763
13/04/2010		748	39,7		796	33,0		804	48,4	871	58,9		832
14/04/2010		715	36,6		742	33,3		769	45,0	754	49,0		834
15/04/2010		797	44,2		835	51,8		864	54,2	919	62,9		864
16/04/2010		804	44,8		822	29,5		855	53,3	835	55,8		908
17/04/2010		824	46,7		818	29,7		864	54,2	757	49,2		892
18/04/2010		826	46,9		825	30,1		902	57,8	730	47,0		885
19/04/2010		815	45,8		806	49,0		850	52,8	661	41,1		850
20/04/2010		818	46,1		800	48,4				656	40,7		826
21/04/2010		811	45,5		793	47,7		831	51,0	631	38,6		823
22/04/2010		855	49,5		822	50,5		837	51,6	630	38,5		883
23/04/2010		843	20,8		789	26,9		785	26,3	610	26,7		808
24/04/2010		858	49,8		774	45,9							
25/04/2010		864	50,4		791	47,5				596	35,7		
26/04/2010		836	47,8		760	44,6				568	33,3		788

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
27/04/2010		841	48,2										
28/04/2010		837	47,9							590	35,2		
29/04/2010		806	45,0		741	42,7				565	33,0		
30/04/2010		742	39,1		660	34,9				517	29,0		
01/05/2010		747	39,6		675	36,4				518	29,1		
02/05/2010		768	21,3		660	24,6		724	31,6	509	24,2		576
03/05/2010		743	26,7		642	24,9		668	31,0	522	24,2		564
04/05/2010		751	24,9		663	29,5		653	27,3	550	25,1		542
05/05/2010		601	26,1		713	27,7				498	27,4		
06/05/2010		744	39,3		635	32,5				536	30,6		
07/05/2010		622	19,6		661	27,7		619	26,5	525	24,5		567
08/05/2010		702	18,7		650	28,6		627	26,0	482	22,5		574
09/05/2010		708	23,5		670	28,3				501	22,0		
10/05/2010		763	26,5		697	30,5		708	29,4	502	20,6		639
11/05/2010		764	41,1		701	38,9		638	32,4	487	26,5		570
12/05/2010		752	25,3		703	31,7				497	21,1		
13/05/2010		730	38,0		657	34,6				466	24,7		
14/05/2010		724	25,9		656	27,9				471	21,5		
15/05/2010		607	26,7		651	34,1				470	25,0		
16/05/2010		766	41,3		656	34,5				480	25,9		
17/05/2010		779	31,3		667	27,7		618	21,4	489	23,5		548
18/05/2010		776	42,2		665	27,7	1.480	617	30,3	489	26,6	1.100	541

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
19/05/2010		779	42,5		664	27,7	1.430	621	30,7	480	25,9	1.000	508
20/05/2010		781	42,7		623	32,2	1.310	589	21,3	456	25,6	1.100	471
21/05/2010					624	31,5	1.310	607	29,4	482	26,0	944	493
22/05/2010		815	45,8		648	33,8	1.448	607	29,4	497	27,3	1.165	495
23/05/2010		807	45,1		667	35,6	1.849	630	31,6	512	28,6	1.389	501
24/05/2010		657	11,9		657	40,0	1.863	619	26,3	526	34,3	1.415	485
25/05/2010					649	33,9	1.950	607	29,4	530	30,1	1.842	429
26/05/2010		848	48,9		736	42,2	1.757	698	38,1	589	35,1	1.732	563
27/05/2010					735	42,1	1.656	670	35,4	626	38,2	1.704	
28/05/2010							2.563					1.692	
29/05/2010					716	40,3				669	41,8	520	
30/05/2010		876	48,7		754	48,0				685	45,7	640	
31/05/2010					778	46,3	1.671			733	47,2	884	
01/06/2010		836	47,8		836	59,9	1.250	767	36,9	784	55,5	781	736
02/06/2010				1.796	865	66,8	1.585	775	45,6	802	61,0	1.160	802
03/06/2010				896	973	75,7	1.541	820	51,0	869	66,9	985	922
04/06/2010				711	1.002	67,8	1.525	861	53,9	931	63,9	1.120	994
05/06/2010				611	1.000	79,6	1.510	914	60,1	954	75,7	1.235	1.050
06/06/2010		785	55,3	609	1.025	79,8	1.193	1.040	59,2	926	83,6	1.295	1.123
07/06/2010		785	46,8	683	1.011	81,3	1.457	1.011	70,7	1.069	87,2	1.170	1.034
08/06/2010	3.921	896	60,7	493	1.038	86,0	1.245	1.005	72,5	1.102	90,0	696	1.120
09/06/2010	3.210	948	60,3	524	1.088	84,1	983	1.099	80,4	1.243	101,2	956	1.209

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
10/06/2010	2.824	985	66,4	524	984	86,7	1.280	1.100	93,4	1.165	104,6	1.014	1.250
11/06/2010	4.308	1.010	77,5	592	1.100	89,3	1.075	1.221	99,1	1.300	113,6	703	1.128
12/06/2010		1.029	65,6	488	1.108	78,0	1.383	1.235	90,0	1.212	87,7	825	
13/06/2010		1.060	68,4	1.359	1.125	79,7	1.338	1.201	86,7	1.260	91,7	439	
14/06/2010		1.122	94,3	636	1.113	91,2	779	1.111	86,3	1.197	101,8	163	1.206
15/06/2010	1.790	1.142	96,5	642	1.093	78,7	574	1.206	82,9	1.176	92,8	195	1.129
16/06/2010		1.237	84,7	516	1.066	74,0	693	1.138	80,6	1.157	83,0	262	
17/06/2010		1.231	114,9	843	1.064	85,2	422			1.076	99,1	208	1.043
18/06/2010		1.213	112,8	846	991	78,9	415	1.015	75,5	1.011	90,3	642	993
19/06/2010		1.215	82,7	776	940	61,9	457	986	65,9	968	67,1	884	1.054
20/06/2010				777	916	59,6	479	925	60,1	934	64,2	892	
21/06/2010		1.309	117,8	1.240	956	68,5	637	952	67,7	998	77,4	653	
22/06/2010		1.306	91,1	1.010	942	62,1	628	936	61,1	737	47,6	707	1.085
23/06/2010		1.229	84,0	986	916	59,6	626	997	67,0	916	62,7	986	1.066
24/06/2010		1.078	95,0	1.092	912	60,5	1.171	930	62,3	850	67,6	1.744	987
25/06/2010				1.151	913	60,2	1.046	796	60,2	796	64,8	1.161	910
26/06/2010				1.089	938	61,7	1.512	806	48,6	969	67,1	1.404	
27/06/2010				1.186	920	59,9	1.513	992	66,5	938	64,5	1.426	938
28/06/2010				1.987	939	61,8	1.407	870	54,7	924	63,3	1.305	924
29/06/2010		1.149	101,0	1.372	944	63,9	1.235	932	60,7	918	71,0	891	918
30/06/2010				1.276	994	67,1	792	994	66,7	947	65,3	1.207	953
01/07/2010	4.210	1.045	82,7	1.347	952	65,5	903	914	64,4	982	85,4	1.159	951

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
02/07/2010	4.196	1.121	74,1	912	960	63,8	1.168	961	63,5	1.087	77,1	1.066	987
03/07/2010	3.241	1.227	98,3	692	1.001	71,2	1.028	978	71,8	1.157	105,2	1.111	1.007
04/07/2010	3.746	1.146	76,4	763	976	65,3	1.009	999	67,2	1.176	105,2	851	1.005
05/07/2010	3.424	1.162	76,8	805	1.017	74,2	1.031	1.041	75,1	1.206	103,7	849	1.036
06/07/2010	3.464	1.149	86,7	691	1.031	77,9	1.011	1.069	81,1	1.177	99,5	1.076	1.067
07/07/2010	3.345	1.135	85,1	549	1.066	83,2	901	1.063	81,1	1.116	79,5	1.141	1.052
08/07/2010	2.727	1.182	91,2	637	1.109	81,2	818	1.234	87,6	1.232	94,8	1.202	1.175
09/07/2010	2.698	1.278	88,5	653	1.107	77,9	781	1.286	94,9	1.214	87,8	1.178	1.183
10/07/2010	2.357	1.278	94,4	716	1.107	75,5	823	1.286	94,9	1.214	87,8	1.249	1.183
11/07/2010	2.316	1.252	86,1	708	1.107	77,9	791	1.217	88,2	1.223	88,6	1.271	1.152
12/07/2010	2.296	1.271	87,9	518	1.120	79,2	834	1.260	92,4	1.202	86,8	1.062	1.169
13/07/2010	2.478	1.201	81,4	589	1.033	70,8	872	1.176	84,3	1.045	73,6	1.093	1.078
14/07/2010	2.996	1.209	82,2	629	1.040	71,5	819	1.107	77,6	1.011	70,7	1.076	1.057
15/07/2010	3.076	1.209	82,2	764	1.015	69,1	894	1.094	76,4	1.009	70,5	1.037	1.027
16/07/2010	3.499	1.183	79,8	889	994	67,1	910	997	67,0	1.098	78,0	859	1.031
17/07/2010	3.238	1.183	79,8	926	994	67,1	920	997	67,0	1.098	78,0	1.115	1.031
18/07/2010	3.898	1.224	83,5	1.100	1.003	67,9	967	1.009	68,2	999	69,7	903	1.074
19/07/2010	3.406	1.210	82,3	943	989	66,6	918	1.114	78,3	987	68,7	1.122	1.059
20/07/2010	3.456	1.204	81,7	919	990	66,7	909	1.075	74,5	981	68,2	1.120	1.067
21/07/2010	3.557	1.211	82,4	834	987	66,4	933	1.143	81,1	1.001	69,8	869	1.107
22/07/2010	3.446	1.288	89,4	673	1.063	73,7	888	1.121	79,0	1.090	77,4	1.103	1.177

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
23/07/2010		1.313	91,8	702	1.072	74,6	892	1.141	80,9	1.127	80,5	1.085	1.154
24/07/2010		1.302	90,7	732	1.092	76,5	926	1.137	80,5	1.136	81,2	1.123	1.193
25/07/2010		1.305	91,0	623	1.057	73,1	880	1.135	80,3	1.124	80,2	1.045	1.159
26/07/2010	3.934	1.177	79,2	845	1.067	74,1	915	1.125	79,4	1.132	80,9	1.119	1.156
27/07/2010	4.311	1.061	68,5	811	1.089	76,2	889	1.060	73,1	1.002	69,9	1.106	1.204
28/07/2010	4.031	1.195	80,9	678	1.008	68,4	879	1.074	74,4	1.077	76,3	1.073	1.099
29/07/2010	3.563	1.187	80,1	603	1.017	69,3	1.137	1.073	74,3	1.087	77,1	1.303	1.095
30/07/2010		1.255	86,4	572	1.083	75,6	1.121	1.149	81,7	1.139	81,5	1.222	1.156
31/07/2010		1.252	86,1	611	1.089	76,2	1.126	1.146	81,4	1.132	80,9	1.233	1.170
01/08/2010		1.267	87,5	573	1.090	76,3	1.084	1.165	83,2	1.152	82,6	1.132	1.132
02/08/2010	4.299	1.311	91,6	621	1.142	81,3	834	1.198	86,4	1.167	83,9	1.198	1.188
03/08/2010	3.559	1.309	91,4	725	1.309	97,4	864	1.179	84,6	1.194	86,1	963	1.212
04/08/2010	4.156	1.318	92,2	666	1.134	80,5	856	1.195	86,1	1.170	84,1	1.114	1.192
05/08/2010		1.279	88,6	622	1.107	77,9	853	1.157	82,4	1.087	77,1	1.380	1.125
06/08/2010		1.312	91,7	629	1.129	80,1	1.184	1.187	85,3	1.162	83,4	1.189	1.184
07/08/2010	4.435	1.265	87,3	599	1.096	76,9	871	1.134	80,2	1.095	77,8	1.149	1.144
08/08/2010		1.303	90,8	688	1.115	78,7	914	1.151	81,9	1.096	77,9	1.223	1.150
09/08/2010		1.132	75,1	668	1.136	80,7	1.212	1.141	80,9	1.134	81,1	1.202	1.112
10/08/2010	4.556	1.323	92,7	791	1.132	80,3	1.214	1.152	82,0	1.107	78,8	1.047	1.192
11/08/2010	4.984	1.322	92,6	571	1.129	80,1	1.110	1.150	81,8	1.086	77,0	1.121	1.165
12/08/2010	5.296	1.289	89,5	560	1.130	80,1	1.121	1.105	77,4	1.076	76,2	1.151	1.094

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
13/08/2010	5.367	1.285	89,2	581	1.094	76,7	1.078	1.094	76,4	1.091	77,4	1.259	1.103
14/08/2010	5.045	1.285	89,2	577	1.094	76,7	1.103	1.094	76,4	1.091	77,4	1.318	1.103
15/08/2010	5.408	1.271	87,9	1.328	1.054	72,8	1.069	1.157	82,4	1.058	74,7	1.226	
16/08/2010		1.286	89,3	2.723	1.073	74,7	889	1.122	79,1	1.050	74,0	1.055	1.123
17/08/2010		1.248	85,8	1.424	1.059	73,3	1.147	1.130	79,8	1.059	74,7	963	1.119
18/08/2010		1.147	76,4	1.030	1.095	76,8	965	1.159	82,6	1.068	75,5	1.143	1.163
19/08/2010		1.259	86,8	675	1.109	78,1	931	1.140	80,8	1.028	72,1	1.163	1.271
20/08/2010		1.320	92,4	523	1.052	72,6	796	1.150	81,8	1.014	70,9	1.003	
21/08/2010		1.328	93,1	1.024	1.071	74,5	988	1.129	79,7	1.027	72,0	818	1.109
22/08/2010	5.806	1.340	94,2	1.048	1.086	75,9	672	1.109	77,8	1.010	70,6	777	1.076
23/08/2010	5.173	1.338	94,1	883	1.066	74,0	966	1.087	75,7	956	66,0	504	1.035
24/08/2010	5.085	1.367	96,7	714	937	61,6	599	1.020	69,2	893	60,7	748	981
25/08/2010	4.613	1.418	101,4	643	941	62,0	877	1.007	68,0	847	56,8	755	958
26/08/2010	4.358	1.447	104,1	567	936	61,5	1.178	996	66,9	852	57,3	1.000	971
27/08/2010	4.604	1.499	108,9	815	993	67,0	1.159	1.016	68,8	864	58,3	969	1.030
28/08/2010		1.491	108,2	564	994	67,1	904	994	66,7	863	58,2	1.229	1.049
29/08/2010		1.473	106,5	837	1.013	68,9	849	1.021	69,3	920	63,0	1.217	1.050
30/08/2010		1.473	106,5	537	1.013	68,9	824	1.021	69,3	920	63,0	1.152	1.050
31/08/2010		1.518	110,7	560	1.038	71,3	1.154	997	67,0	953	65,8	1.200	1.018
01/09/2010		1.428	102,4	536	1.021	69,7	1.096	976	65,0	990	68,9	1.156	1.035
02/09/2010		1.363	96,4	816	991	66,8	1.082	978	65,2	974	67,6	1.283	981

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
03/09/2010		1.368	96,8	786	1.004	68,0	937	1.017	68,9	1.052	74,1	1.064	1.030
04/09/2010		1.352	95,4	977	993	67,0	950	1.038	71,0	1.028	72,1	1.110	1.064
05/09/2010		1.320	92,4	929	1.007	68,3	905	1.033	70,5	1.022	71,6	1.070	1.025
06/09/2010		1.380	97,9	928	1.051	72,5	897	1.090	76,0	1.138	81,4	1.069	1.089
07/09/2010		1.328	93,1	877	1.035	71,0	857	1.010	68,3	1.061	74,9	1.033	1.069
08/09/2010		1.288	89,4	692	1.026	70,1	857	1.000	67,3	1.040	73,1	1.069	1.050
09/09/2010		1.221	83,3	627	1.018	69,4	823	992	66,5	1.045	73,6	1.050	1.030
10/09/2010		1.221	83,3	759	1.018	69,4	955	992	66,5	1.045	73,6	1.168	1.030
11/09/2010		1.311	91,6	1.642	1.256	92,3	1.137	1.017	68,9	1.051	74,1	1.201	1.028
12/09/2010		1.221	83,3	2.185	1.125	79,7	1.159	1.038	71,0	1.074	76,0	1.485	1.030
13/09/2010		1.245	85,5	3.941	1.032	70,7	1.101	1.028	70,0	1.042	73,3	1.178	1.076
14/09/2010		1.167	78,3		1.022	69,8	1.074	951	62,6	925	63,4	1.187	1.018
15/09/2010		1.167	78,3		1.022	69,8	1.082	951	62,6	925	63,4	1.179	1.018
16/09/2010		1.129	74,8		901	58,1	1.062	911	58,7	911	62,2	1.144	1.014
17/09/2010		1.121	74,1		925	60,4	1.189	914	59,0	1.041	73,2	1.246	925
18/09/2010		1.164	78,0	950	966	64,4	1.089	938	61,3	1.061	74,9	1.303	1.029
19/09/2010		1.127	74,6	1.319	978	65,5	881	960	63,4	1.086	77,0	1.330	
20/09/2010		1.173	78,8	1.649	998	67,4	951	998	67,1	1.139	81,5	979	1.045
21/09/2010				1.654			961			1.115	79,5	1.007	
22/09/2010		1.180	79,5	1.651	1.008	68,4	1.087	1.013	68,5	1.107	78,8	806	1.103
23/09/2010		1.176	79,1	1.970	1.010	68,6	804			1.117	79,6	593	

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
24/09/2010		1.158	77,5	1.940	1.010	68,6	835	1.062	73,3	1.199	86,6	592	1.111
25/09/2010				1.362			951					676	
26/09/2010		1.197	81,1		992	66,9	1.471			1.059	74,7	829	1.075
27/09/2010					1.018	69,4	1.229			1.052	74,1	344	1.039
28/09/2010		1.174	78,9		1.048	72,3	1.129	1.158	82,5	1.040	73,1	400	
29/09/2010							1.251					943	
30/09/2010							1.772					587	
01/10/2010		1.151	76,8	2.577	1.048	72,3	1.151	1.106	77,5	1.021	71,5	602	1.153
02/10/2010		1.217	82,9	1.812	1.063	73,7	1.045	1.075	74,5	993	69,2	709	1.048
03/10/2010		1.205	81,8	2.516	945	62,4	744	1.043	71,4	1.064	75,2	649	
04/10/2010		1.223	83,5	1.892	1.091	76,4	1.151	1.095	76,5	929	63,8	911	1.053
05/10/2010		1.229	84,0	3.090	1.047	72,2	1.229	1.047	71,8	847	56,8	742	
06/10/2010		1.141	75,9	2.516	1.061	73,5	711	1.075	74,5	905	61,7	1.026	993
07/10/2010		1.200	81,3	3.330	1.065	73,9	954			886	60,1	1.081	
08/10/2010		1.134	75,3	932	1.072	74,6	790	1.018	69,0	902	61,5	1.274	970
09/10/2010		1.144	76,2	939	1.078	75,1	175	1.001	67,4	900	61,3	935	970
10/10/2010		1.217	82,9	912	1.011	68,7	205	1.033	70,5	926	63,5	1.014	949
11/10/2010		1.130	74,9	820	1.017	69,3	280	1.000	67,3	972	67,4	700	947
12/10/2010		1.184	79,9	390	995	67,2	180	801	48,0	668	41,7	410	768
13/10/2010		1.194	80,8	410	834	51,7	200	748	43,0	536	30,6	290	724
14/10/2010		1.297	90,3	294	778	46,3	272	838	51,7	462	24,4	447	690

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
15/10/2010		1.281	88,8	466	768	45,3	313	852	53,0	425	21,2	266	
16/10/2010				776			385					316	
17/10/2010		1.340	94,2	1.350	732	41,9	399	812	49,1	418	20,6	267	615
18/10/2010				1.575	732	41,9	361			418	20,6	291	
19/10/2010		1.344	94,6	1.278	684	37,2	368	598	28,5	396	18,8	623	537
20/10/2010		1.355	95,6	1.110	705	39,3	372			309	11,4	656	
21/10/2010		1.341	94,3	1.312	709	39,6	821	588	27,5	397	18,9	1.007	485
22/10/2010		1.341	94,3	1.015	709	39,6	774	588	27,5	397	18,9	959	485
23/10/2010		1.245	85,5	925	758	44,4	774	506	19,6	394	18,6	976	
24/10/2010		1.245	85,5	1.160	758	44,4	1.002	506	19,6	394	18,6	820	
25/10/2010		1.301	90,6	2.254	777	46,2	1.351			416	20,5	788	491
26/10/2010		1.301	90,6		777	46,2	1.099			416	20,5	1.103	491
27/10/2010		1.291	89,7	1.798	708	39,6	1.034			412	20,1	1.106	
28/10/2010				2.422	650	34,0	873					1.152	
29/10/2010				1.174	650	34,0	720					1.027	
30/10/2010		1.023	65,0	934	622	31,3	1.143	635	32,1	550	31,8	1.046	524
31/10/2010		1.023	65,0	684	582	27,4	1.134	648	33,3	575	33,9	905	579
01/11/2010		1.023	65,0	674	582	27,4	754	648	33,3	575	33,9	1.236	579
02/11/2010				823			936			591	35,2	1.145	551
03/11/2010				1.642			1.346			591	35,2	1.370	551
04/11/2010				3.155	540	23,4	665			591	35,2	871	551

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
05/11/2010				1.574			855			591	35,2	986	551
06/11/2010		1.015	64,3	1.955			1.264			591	35,2	945	542
07/11/2010					519	21,4	1.142			611	36,9	1.046	542
08/11/2010				2.309			1.057			611	36,9	1.065	542
09/11/2010				2.762			1.337			611	36,9	1.025	542
10/11/2010		953	58,6				1.841	669	35,3	710	45,3	1.297	542
11/11/2010					598	29,0	2.675			710	45,3	1.598	629
12/11/2010							1.242			710	45,3	1.049	629
13/11/2010		965	59,7				1.503			710	45,3	1.021	629
14/11/2010					549	24,3	931			670	41,9	1.271	606
15/11/2010				1.295	549	24,3	1.107			670	41,9	984	606
16/11/2010				1.733			1.140			670	41,9	1.387	606
17/11/2010		780	42,6		549	24,3	1.636	646	33,1	670	41,9	1.144	606
18/11/2010		844	48,5	1.160	675	36,4	932	791	47,1	815	54,1	1.303	751
19/11/2010				645	764	44,9	876	832	51,1	914	62,5	1.254	812
20/11/2010		801	44,5	699	764	44,9	1.262	832	51,1	914	62,5	1.335	812
21/11/2010				952	795	47,9	1.615	869	54,6	979	68,0	1.569	844
22/11/2010		827	46,9	1.000	795	47,9	1.496	869	54,6	979	68,0	1.363	844
23/11/2010		793	43,8	830	826	50,9	2.190	874	55,1	1.012	70,8	1.421	881
24/11/2010		658	31,4	1.332	713	40,0	2.676	743	42,5	896	61,0	1.262	768
25/11/2010		669	32,4	1.256	790	47,4	2.736	823	50,2	991	69,0	1.320	829

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
26/11/2010				1.500			3.047					1.488	
27/11/2010				1.174			3.920					1.745	
28/11/2010				1.831			4.486					1.938	
29/11/2010		844	48,5	1.245	780	46,5	2.383	840	51,8	950	65,5	1.607	853
30/11/2010		851	49,2	875	812	49,6	1.980	910	58,6	983	68,3	1.729	914
01/12/2010		863	50,3	845	820	50,3	1.793	941	61,6	1.005	70,2	1.995	951
02/12/2010		825	46,8	778	919	59,8	1.811	949	62,4	1.053	74,2	2.062	912
03/12/2010				907			1.313					1.457	971
04/12/2010		817	46,0	830	945	62,4	1.018	953	62,8	1.071	75,8	1.534	971
05/12/2010		858	49,8	1.055	958	63,6	824	957	63,1	1.121	80,0	1.214	
06/12/2010		862	50,2	939	925	60,4	659	930	60,5	949	65,5	1.087	948
07/12/2010		862	50,2	827	925	60,4	663	930	60,5	949	65,5	1.117	948
08/12/2010		889	52,7	747	936	61,5	796	936	61,1	987	68,7	1.135	967
09/12/2010		873	51,2	715	880	56,1	895	890	56,7	882	59,8	997	914
10/12/2010		873	51,2	1.000	854	53,6	762	861	53,9	830	55,4	1.116	918
11/12/2010		917	55,2	1.170	826	50,9	823			788	51,9	1.180	
12/12/2010		917	55,2	1.600	826	50,9	969			788	51,9	993	
13/12/2010		895	53,2	622	821	50,4	784	837	51,6	698	44,3	1.100	915
14/12/2010		885	52,3	596	750	43,6	928	777	45,8	682	42,9	1.114	776
15/12/2010		897	53,4	518	768	45,3	766	794	47,4	673	42,2	995	775
16/12/2010		867	50,6	519	678	36,7	1.028	694	37,8	632	38,7	1.206	679

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
17/12/2010		828	47,0	636	712	39,9	856	743	42,5	678	42,6	1.039	761
18/12/2010		732	38,2	456	682	37,0	968	720	40,3	664	41,4	1.096	739
19/12/2010		810	45,4	485	678	36,7	863	713	39,6	662	41,2	1.124	707
20/12/2010		823	46,6	592	691	37,9	971	739	42,1	671	42,0	1.161	707
21/12/2010		810	45,4	790	680	36,9	722	714	39,7	650	40,2	1.095	708
22/12/2010		853	49,3	936	691	37,9	760	739	42,1	661	41,1	1.164	707
23/12/2010				474			754					1.101	619
24/12/2010				503			539					1.124	619
25/12/2010		683	33,7	462	579	27,1	578	670	35,4	575	33,9	795	619
26/12/2010		708	36,0	507	613	30,4	783	646	33,1	576	34,0	959	613
27/12/2010		730	38,0	594	660	34,9	852	691	37,5	610	36,8	1.046	643
28/12/2010		629	28,7	471	559	25,2	737	556	24,4	554	32,1	1.056	594
29/12/2010		603	26,3	552	576	26,9	958	550	23,9	560	32,6	1.049	601
30/12/2010		616	27,5	449	574	26,7	733	570	25,8	572	33,6	1.090	545
31/12/2010		616	27,5	598	574	26,7	924	570	25,8	572	33,6	949	545
01/01/2011				728			671					1.084	545
02/01/2011				943			717					893	545
03/01/2011				670			813					1.015	
04/01/2011				613			765					1.092	607
05/01/2011				609	564	25,7	731					1.090	607
06/01/2011		593	25,4	577	564	25,7	913	542	23,1	591	35,2	1.131	607

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
07/01/2011				457			702					1.201	651
08/01/2011				615			902					1.142	651
09/01/2011				875			1.033					1.105	651
10/01/2011		707	35,9	1.248	665	35,4	760	660	34,5	648	40,0	929	651
11/01/2011		697	35,0	1.374	671	36,0	716	667	35,2	645	39,8	1.161	644
12/01/2011		718	36,9	996	673	36,2	674	678	36,2	655	40,6	975	658
13/01/2011		705	35,7	985	667	35,6	1.022	671	35,5	645	39,8	1.041	621
14/01/2011		707	35,9	950	672	36,1	980	681	36,5	655	40,6	1.130	659
15/01/2011		710	36,2	930	672	36,1	1.000	672	35,6	653	40,5	980	648
16/01/2011		714	36,5	880	677	36,6	970	681	36,5	659	41,0	1.090	662
17/01/2011		693	34,6	860	668	35,7	990	672	35,6	657	40,8	1.180	646
18/01/2011		681	33,5	1.100	665	35,4	760			642	39,5	1.170	
19/01/2011		663	31,8	760	655	34,5	1.270			639	39,3	1.310	
20/01/2011		712	36,3	1.130	677	36,6	1.060	689	37,3	660	41,1	1.040	663
21/01/2011		680	33,4	1.170	655	34,5	1.120			641	39,5	1.180	
22/01/2011				1.810			930					1.090	
23/01/2011		667	32,2	1.830	612	30,3	840	649	33,4	617	37,4	1.190	598
24/01/2011		637	29,4	1.790	603	29,4	840	619	30,5	587	34,9	1.250	588
25/01/2011		694	34,7	1.280	675	36,4	1.140	700	38,3	676	42,4	1.030	607
26/01/2011		717	36,8	1.140	672	36,1	1.140	652	33,7	674	42,2	1.370	670
27/01/2011		721	37,2	580	683	37,1	1.180	719	40,2	692	43,8	1.440	695

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
28/01/2011		721	37,2	510	715	40,2	830	719	40,2	693	43,8	1.240	
29/01/2011		721	37,2	560	715	40,2	590	719	40,2	694	43,9	1.210	
30/01/2011		718	36,9	710	713	40,0	660	722	40,5	681	42,8	940	677
31/01/2011		682	33,6	710	674	36,3	640			625	38,1	1.170	701
01/02/2011		682	33,6	860	674	36,3	710			695	44,0	810	
02/02/2011		587	24,8	640	650	34,0	400			696	44,1	940	
03/02/2011				990			480					1.090	
04/02/2011				1.510			580					790	
05/02/2011		678	33,2	1.460	669	35,8	610			676	42,4	920	696
06/02/2011		707	35,9	670	677	36,6	640	718	40,1	653	40,5	740	688
07/02/2011		702	35,4	650	675	36,4	650			656	40,7	750	702
08/02/2011		728	37,8	580	667	35,6	650	710	39,3	628	38,4	700	691
09/02/2011		720	37,1	560	654	34,4	670	684	36,8	604	36,3	710	659
10/02/2011	280	587	24,8	470	650	34,0	640	674	35,8	570	33,5	800	644
11/02/2011	280	735	38,5	460	633	32,3	970	638	32,4	565	33,0	820	624
12/02/2011	320	735	38,5	540	624	31,5	740			566	33,1	810	
13/02/2011	400	726	37,6	780	624	31,5	850			552	31,9	940	629
14/02/2011	450	726	37,6	930			900					990	
15/02/2011	520	730	38,0	1.160	596	28,8	1.010	618	30,4	483	26,1	1.080	510
16/02/2011	430	668	32,3	860	599	29,1	850	577	26,5	483	26,1	970	
17/02/2011	500	711	36,3	1.110	599	29,1	970			483	26,1	1.070	

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
18/02/2011	630			1.690			1.170					1.190	
19/02/2011	790			3.000			1.450					870	
20/02/2011	980			6.980			1.710					940	
21/02/2011	840	738	38,7	20.480	603	29,4	740			408	19,8	980	588
22/02/2011	470	697	35,0	750	611	30,2	640	643	32,8	515	28,8	1.150	570
23/02/2011	450	705	35,7	740	609	30,0	640	628	31,4	542	31,1	1.150	544
24/02/2011	550	705	35,7	1.010	585	27,7	970	629	31,5	538	30,8	1.050	
25/02/2011	690	705	35,7	1.660	585	27,7	990	630	31,6	555	32,2	1.070	
26/02/2011	900	697	35,0	2.960			820	631	31,7	555	32,2	1.040	
27/02/2011	1.220			10.390			1.040	612	29,8	555	32,2	1.180	556
28/02/2011	2.200						1.390					1.360	
01/03/2011	8.390	433	10,6		613	30,4	1.000			580	34,3	1.130	561
02/03/2011		433	10,6				990			580	34,3	1.300	
03/03/2011							1.210					1.340	
04/03/2011	3.810	718	36,9		623	31,4	1.030	615	30,1	584	34,6	1.300	
05/03/2011	790	700	35,2	1.160	623	31,4	1.030	618	30,4	622	37,9	1.410	
06/03/2011	820	670	32,5	1.490	623	31,4	1.210	618	30,4	622	37,9	1.300	583
07/03/2011	1.070			2.450			980					1.490	
08/03/2011	1.970			8.340			1.230					1.690	
09/03/2011	2.320						1.420					1.360	
10/03/2011	3.220						1.610					1.460	

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
11/03/2011	760	660	31,5	1.090	604	29,5	1.050	600	28,7	622	37,9	1.170	
12/03/2011	370	650	30,6	370	604	29,5	410	590	27,7	622	37,9	400	
13/03/2011	220			240	604	29,5	270	547	23,6	585	34,7	400	459
14/03/2011	250	643	30,0	330	550	24,4	320	525	21,5	550	31,8	500	
15/03/2011	260	643	30,0	390	550	24,4	330	525	21,5	450	23,3	510	
16/03/2011	250	643	30,0	370	550	24,4	320	525	21,5	350	14,9	480	
17/03/2011	260	643	30,0	440	503	19,8	340	510	20,0	322	12,5	520	
18/03/2011	350	633	29,1	750			410					640	365
19/03/2011	470	633	29,1	1.290			490					730	
20/03/2011	330	611	27,0	2.030	503	19,8	540	405	9,9	291	9,9	300	
21/03/2011	370			1.300			430					330	300
22/03/2011	480	666	32,1	1.380	478	17,4	480	424	11,7	317	12,1	410	302
23/03/2011	220	546	21,0	240	455	15,2	460	450	14,2	354	15,2	620	344
24/03/2011	470	561	22,4	260	410	10,9	280	464	15,6	336	13,7	370	342
25/03/2011	250	526	19,2	340	407	10,6	310			323	12,6	480	
26/03/2011													
27/03/2011													
28/03/2011		503	17,1		406	10,5		428	12,1	347	14,6		340
29/03/2011		475	14,5		410	10,9		389	8,3	329	13,1		222
30/03/2011		528	19,4		425	12,3		447	13,9	336	13,7		349
31/03/2011		487	15,6		424	12,2				320	12,4		

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
01/04/2011		485	15,4		442	14,0		459	15,1	342	14,2		367
02/04/2011		496	16,4		443	14,1				337	13,8		
03/04/2011		511	17,8		447	14,4		474	16,5	382	17,6		370
04/04/2011		440	11,3		442	14,0		445	13,7	386	17,9		
05/04/2011		511	17,8		455	15,2		479	17,0	449	23,3		386
06/04/2011		495	16,3		463	16,0		459	15,1	440	22,5		
07/04/2011		502	17,0		476	17,2		503	19,3	485	26,3		406
08/04/2011		493	16,2		485	18,1				519	29,2		
09/04/2011													
10/04/2011		490	15,9		507	20,2				526	29,8		447
11/04/2011					506	20,1				523	29,5		
12/04/2011		500	16,8		522	21,7		618	30,4	598	35,8		466
13/04/2011		536	20,1		597	28,9		615	30,1	643	39,6		525
14/04/2011	460	527	19,3	910	656	34,5	990	636	32,2	674	42,2	1.430	613
15/04/2011	470	515	18,2	930	673	36,2	1.160	532	22,1	668	41,7	3.110	606
16/04/2011	280	520	18,6	1.140	665	35,4	1.260			669	41,8	2.080	
17/04/2011	570	534	19,9	1.080	707	39,5	1.490	642	32,7	689	43,5	2.950	658
18/04/2011	490	600	26,0	1.190	753	43,9	2.040	625	31,1	708	45,1	2.010	712
19/04/2011	440	605	26,5	890	764	44,9	1.590	667	35,2	783	51,4	1.610	810
20/04/2011	470	623	28,1	920	794	47,8	1.640	713	39,6	837	56,0	1.540	
21/04/2011	530	770	41,7	1.030	872	55,3	2.680	774	45,5	708	45,1	1.660	806

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
22/04/2011	530	759	40,7	650	838	52,1	540	743	42,5	634	38,9	260	732
23/04/2011	440	730	38,0	600	800	48,4	270	743	42,5	634	38,9	420	
24/04/2011	260	715	36,6	930	780	46,5	290	743	42,5	634	38,9	590	
25/04/2011	280	699	35,1	1.200	750	43,6	520	750	43,2	599	35,9		702
26/04/2011	320	751	39,9	1.560	768	45,3	270			475	25,4		
27/04/2011	400	770	41,7	2.220	781	46,6	620	632	31,8	482	26,0		590
28/04/2011	390	753	40,1	2.010	764	44,9	620	603	29,0	448	23,2		
29/04/2011	420	770	41,7	2.450	764	44,9	370			449	23,3		
30/04/2011	500			4.040			930						
01/05/2011	690			20.100			610						
02/05/2011	1.000						820						
03/05/2011	580			3.640	754	44,0	680			403	19,4		526
04/05/2011	410	792	43,7	1.510	745	43,1	1.100	652	33,7	442	22,7	1.230	523
05/05/2011	410	763	41,0	1.510	722	40,9	1.100	652	33,7	487	26,5	1.290	
06/05/2011	510			2.960	750	43,6	1.030	658	34,3	678	42,6	1.040	
07/05/2011	240	764	41,1	1.420	474	17,0	730	640	32,5	600	36,0	630	
08/05/2011	240	764	41,1	1.420	662	35,1	780	634	32,0	521	29,3	750	505
09/05/2011	260	764	41,1	1.390	650	34,0	1.080	635	32,1	650	40,2	620	
10/05/2011	230	764	41,1	800	625	31,6	1.530			711	45,4	1.110	
11/05/2011	230	760	40,8	840	633	32,3	1.090			592	35,3	1.240	549
12/05/2011	260	768	41,5	1.040	639	32,9	690	618	30,4	595	35,6	1.170	481

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
13/05/2011	260	1.020	64,7	1.070	915	59,5	650	600	28,7	600	36,0	1.130	
14/05/2011	330	854	49,4	1.730	736	42,2	660	550	23,9	620	37,7	1.430	
15/05/2011	290	1.032	65,8	1.480	999	67,5	980			635	39,0	1.410	
16/05/2011	400			2.940			970					1.620	
17/05/2011	610			6.610			870	503	19,3	648	40,0	1.260	584
18/05/2011	510	929	56,3	19.950	814	49,7	880					1.120	
19/05/2011	520			3.080	818	50,1	1.820			643	39,6	1.140	
20/05/2011	690			5.010			1.220	660	34,5	660	41,1	1.250	
21/05/2011	1.210						980	660	34,5	690	43,6	1.040	
22/05/2011	3.610						940	673	35,7	715	45,7	1.280	657
23/05/2011	590	570	23,3		731	41,8	1.030	611	29,8	714	45,6	1.220	
24/05/2011	1.050				683	37,1	1.630					1.310	
25/05/2011	700				664	35,3	950	712	39,5	721	46,2	1.010	676
26/05/2011	2.070				664	35,3	1.100			721	46,2	1.280	
27/05/2011	700						1.240					1.280	
28/05/2011	470			3.050			1.020					1.580	
29/05/2011	620			5.650			1.520					1.380	
30/05/2011	740	726	37,6	2.190	733	42,0	1.200	732	41,4	745	48,2	1.020	711
31/05/2011	670			2.330	704	39,2	1.580					1.360	
01/06/2011	440	726	37,6	910	756	44,2	1.500	744	42,6	755	49,1	1.400	752
02/06/2011	320	775	42,2	1.130	786	47,1	1.730			826	55,1	1.180	738

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
03/06/2011	290	724	37,4	1.150	856	53,8	1.680	794	47,4	791	52,1	1.530	806
04/06/2011	350	751	39,9	2.000	906	58,6	1.780	808	48,8	780	51,2	1.480	872
05/06/2011	480	755	40,3	780	908	58,8	600			790	52,0	1.710	
06/06/2011	280	782	42,8	1.560	862	54,4	1.200					1.610	
07/06/2011	370			3.180			1.680					1.970	
08/06/2011	410	771	41,8	4.410	751	43,7	1.960					2.210	
09/06/2011	530			11.280			1.840					2.260	
10/06/2011	500				914	59,4	1.750			780	51,2	1.050	
11/06/2011	510			26.510			1.190			741	47,9	730	
12/06/2011	540	755	40,3	39.480	891	57,2	930	766	44,7	726	46,6	1.020	836
13/06/2011	360	728	37,8	2.190	891	57,2	1.220	766	44,7	727	46,7	840	
14/06/2011	800			2.900			1.050					1.000	
15/06/2011	490	955	58,7	6.020	899	57,9	880			656	40,7	1.500	769
16/06/2011	570	955	58,7	12.960	1.115	78,7	1.340			834	55,7	1.880	
17/06/2011	630	746	39,5		1.050	72,5	1.660	750	43,2	790	52,0	1.140	
18/06/2011	620				1.000	67,6	1.000	750	43,2	790	52,0	1.330	
19/06/2011	1.120			39.190	921	60,0	1.140	751	43,3	723	46,4	1.340	790
20/06/2011	570			1.430	836	51,9	1.140	809	48,9	745	48,2	1.580	942
21/06/2011	690	810	45,4	2.110	901	58,1	840	751	43,3	803	53,1	1.330	788
22/06/2011	730			2.800	901	58,1	1.070	773	45,4	819	54,5	1.020	828
23/06/2011	730	903	54,0	2.690	941	62,0	1.280			846	56,8	1.350	836

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
24/06/2011	510			8.650			1.580					1.310	
25/06/2011	790	915	55,1	2.310	980	65,7	1.200	862	54,0	844	56,6	1.670	862
26/06/2011	590	890	52,8	1.480	975	65,2	870	798	47,8	833	55,7	1.460	873
27/06/2011	540	883	52,1	1.950	962	64,0	860	794	47,4	825	55,0	1.680	849
28/06/2011	660	930	56,4	2.040	1.011	68,7	1.070	831	51,0	894	60,8	1.430	888
29/06/2011		897	53,4	2.240	986	66,3	950	813	49,2	848	56,9	1.610	875
30/06/2011		938	57,2	3.270	999	67,5	1.290	820	49,9	876	59,3	1.620	894
01/07/2011		1.015	64,3	1.680	1.104	77,6	1.610	907	58,3	982	68,2	1.830	974
02/07/2011		1.000	62,9	1.570	1.104	77,6	1.370	880	55,7	670	41,9	2.650	
03/07/2011		986	61,6	2.347	1.050	72,5	1.261	856	53,4	957	66,1	3.601	970
04/07/2011		1.013	64,1	1.790	1.087	76,0	1.260	888	56,5	997	69,5	4.585	1.007
05/07/2011		983	61,3	1.065	1.084	75,7	1.213	884	56,1	1.002	69,9	4.393	1.023
06/07/2011		994	62,3	1.405	1.096	76,9	935	901	57,7	1.025	71,9	3.690	1.022
07/07/2011		1.009	63,7	1.700	1.111	78,3	1.005	894	57,1	1.033	72,5	3.563	1.023
08/07/2011		1.078	70,1	1.708	1.190	85,9	1.225	965	63,9	1.086	77,0	2.715	1.096
09/07/2011		1.000	62,9	1.830	1.156	82,6	1.380	920	59,6	1.085	76,9	2.323	
10/07/2011		1.006	63,4	1.639	1.126	79,8	1.063	887	56,4	1.000	69,8	2.300	1.043
11/07/2011		1.022	64,9	1.822	1.119	79,1	1.176			1.102	78,4	2.590	1.080
12/07/2011		1.009	63,7	1.769	1.116	78,8	1.442	948	62,3	1.110	79,0	2.435	1.113
13/07/2011		1.024	65,1	1.312	1.106	77,8	1.726	942	61,7	1.135	81,2	2.391	1.099
14/07/2011		1.239	84,9	1.534	1.290	95,5	1.399	1.163	83,0	1.341	98,5	2.560	1.394

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
15/07/2011		1.100	72,1	1.416	1.200	86,9	1.486	1.080	75,0	1.300	95,1	2.373	
16/07/2011		1.096	71,7	1.650	1.183	85,2	1.415	1.026	69,8	1.221	88,4	2.221	1.206
17/07/2011		1.050	67,5	1.711			1.072					1.775	
18/07/2011		1.024	65,1	3.690	1.136	80,7	1.530			1.223	88,6	1.570	1.180
19/07/2011		1.024	65,1	11.240	1.126	79,8	1.530			1.223	88,6	1.660	
20/07/2011		1.031	65,8		1.110	78,2	1.390			1.223	88,6	1.890	1.131
21/07/2011		929	56,3	19.710	1.137	80,8	1.230	1.223	88,8	1.174	84,4	1.980	1.109
22/07/2011		950	58,3	3.570	1.136	80,7	1.190	967	64,1	1.120	79,9	1.700	
23/07/2011		970	60,1	2.029	1.136	80,7	1.834	947	62,2	1.090	77,4	2.041	
24/07/2011		1.028	65,5	1.623	1.135	80,6	1.811	927	60,2	1.075	76,1	2.120	1.075
25/07/2011		1.078	70,1	1.654	1.135	80,6	1.394	996	66,9	1.065	75,2	2.047	1.107
26/07/2011		1.052	67,7	1.793	1.152	82,3	1.002	995	66,8	1.064	75,2	1.484	1.095
27/07/2011		1.024	65,1	2.242	1.173	84,3	1.013	994	66,7	1.056	74,5	1.545	1.076
28/07/2011		1.114	73,4	1.745	1.205	87,4	1.300	1.025	69,7	1.071	75,8	1.789	1.084
29/07/2011		1.133	75,2	1.305	1.214	88,2	1.249	1.040	71,1	1.059	74,7	1.902	1.070
30/07/2011		1.150	76,7	988	1.203	87,2	1.238	1.060	73,1	1.047	73,7	1.743	1.056
31/07/2011		1.173	78,8	1.306	1.214	88,2	1.080	1.075	74,5	1.047	73,7	1.824	1.085
01/08/2011		1.350	95,2	1.025	1.531	118,7	1.196	1.111	78,0	1.085	76,9	1.740	
02/08/2011		1.491	108,2	858	1.518	117,5	832	1.274	93,7	1.331	97,7	1.377	
03/08/2011		1.524	111,2	1.255	1.492	115,0	832	1.202	86,8	1.308	95,8	1.191	
04/08/2011		1.554	114,0	1.400	1.485	114,3	821	1.190	85,6	1.272	92,7	1.211	

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
05/08/2011		1.574	115,8	1.589	1.483	114,1	1.116	1.159	82,6	1.222	88,5	1.559	
06/08/2011		1.583	116,6	1.057	1.453	111,2	890	1.126	79,4	1.183	85,2	1.607	
07/08/2011		1.608	119,0	1.089	1.422	108,2	1.158	1.097	76,6	1.127	80,5	1.589	
08/08/2011		1.602	118,4	1.240	1.422	108,2	1.191	1.100	76,9	1.100	78,2	1.594	
09/08/2011				2.148			1.415					1.714	
10/08/2011		1.610	119,1	5.975	1.390	105,2	1.226			1.066	75,3	1.597	
11/08/2011		1.592	117,5	3.120	1.388	105,0	1.333	1.073	74,3	1.085	76,9	1.589	
12/08/2011		1.677	125,3	2.534	1.364	102,7	1.390	1.130	79,8	1.088	77,2	1.543	
13/08/2011		1.674	125,0	1.378	1.345	100,8	1.306	1.093	76,3	1.124	80,2	1.979	
14/08/2011		1.673	124,9	1.382	1.374	103,6	1.206	1.099	76,8	1.166	83,8	1.724	
15/08/2011		1.680	125,6	1.641	1.356	101,9	1.168	1.099	76,8	1.200	86,6	1.621	
16/08/2011		1.691	126,6	3.357	1.326	99,0	1.197	1.102	77,1	1.222	88,5	1.390	
17/08/2011		1.700	127,4	2.240	1.328	99,2	1.187	1.095	76,5	1.213	87,7	1.625	
18/08/2011		1.695	127,0	2.364	1.321	98,5	1.223	1.094	76,4	1.195	86,2	1.646	
19/08/2011		1.675	125,1	1.871	1.318	98,2	1.226	1.095	76,5	1.197	86,4	1.583	
20/08/2011		1.663	124,0	2.123	1.331	99,5	1.211	1.314	97,6	1.152	82,6	1.623	
21/08/2011		1.650	122,8	2.624	1.238	90,5	1.924	1.280	94,3	1.165	83,7	1.435	
22/08/2011		1.650	122,8	3.283	1.335	99,9	1.311	1.292	95,5	1.165	83,7	1.458	
23/08/2011		1.650	122,8	3.561	1.339	100,3	1.270	1.310	97,2	1.165	83,7	1.494	
24/08/2011		1.650	122,8	3.561	1.348	101,1	1.291	1.250	91,4	1.165	83,7	1.489	
25/08/2011		1.650	122,8	3.264	1.320	98,4	1.262	1.165	83,2	1.175	84,5	1.463	

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl^-]^*$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
26/08/2011		1.650	122,8	3.566	1.340	100,3	1.333	1.130	79,8	1.175	84,5	1.705	
27/08/2011		1.650	122,8	12.609	1.335	99,9	1.526	1.210	87,6	1.175	84,5	1.471	
28/08/2011		1.650	122,8	9.806	1.345	100,8	1.438	1.160	82,7	1.195	86,2	1.743	
29/08/2011		1.650	122,8	7.878	1.354	101,7	1.425	1.150	81,8	1.195	86,2	1.617	
30/08/2011		1.650	122,8	6.559	1.330	99,4	1.592	1.100	76,9	1.195	86,2	1.614	
31/08/2011		1.648	122,6	6.040	1.343	100,6	2.094	1.098	76,7	1.205	87,1	1.900	
01/09/2011		1.640	121,9	4.135	1.339	100,3	2.011	1.077	74,7	1.242	90,2	1.759	
02/09/2011		1.634	121,4	4.718	1.354	101,7	1.916	1.120	78,9	1.269	92,5	1.595	
03/09/2011		1.634	121,4	3.060	1.469	112,8	1.893	1.236	90,1	1.389	102,6	1.623	
04/09/2011		1.705	127,9	4.754	1.415	107,6	1.906			1.305	95,5	1.615	
05/09/2011				8.671			2.166					1.395	
06/09/2011							5.567					1.379	
07/09/2011							4.689					1.884	
08/09/2011							10.838					1.552	
09/09/2011		1.562	114,7		1.350	101,3	4.634	1.150	81,8	1.217	88,1	2.095	
10/09/2011							5.286					2.427	
11/09/2011							15.483					2.987	
12/09/2011		1.544	113,1		2.090	172,5	12.908	1.193	85,9	1.819	138,9	1.280	
13/09/2011					1.971	161,1	5.311	1.220	88,5	1.819	138,9	1.280	
14/09/2011							5.341					1.820	
15/09/2011		2.170	170,8		1.917	155,9	1.602	1.454	111,1	1.741	132,3	3.076	

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

Fecha	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		Parcela 5	
	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{30} ($\mu S/cm$)	$[Cl]^{*}$ (mg/L)	CE_{18} ($\mu S/cm$)	CE_{30} ($\mu S/cm$)
16/09/2011		2.170	170,8	2.793	1.917	155,9	1.581	1.480	113,6	1.800	137,3	2.280	
17/09/2011		2.170	170,8	2.308	1.917	155,9	1.475	1.685	133,4	1.905	146,1	2.239	
18/09/2011				5.223			1.925					2.106	
19/09/2011							2.719					2.079	
20/09/2011		1.773	134,2		1.761	140,8	2.738	1.542	119,6	1.709	129,6	1.930	
21/09/2011					1.820	146,5	2.363	1.542	119,6	1.709	129,6	1.545	

* Datos en rojo: Concentración de cloruro calculada a partir de la regresión obtenida de los datos conocidos

F. Balance de cloruro y drenaje relativo

Tabla F.1 Parcela 1 – Balance de cloruro y drenaje relativo

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
21/03/2009	2.816,1		291.226,8*	2.816,1	0,00	0,00
22/03/2009	2.764,9		293.991,7	2.764,9	0,00	0,00
23/03/2009	2.818,7		296.810,4	2.818,7	0,00	0,00
24/03/2009	2.769,2		299.579,6	2.769,2	0,00	0,00
25/03/2009	2.912,5		302.492,1	2.912,5	0,00	0,00
26/03/2009	3.729,3		306.221,4	3.729,3	0,00	0,00
27/03/2009	3.723,3		309.944,7	3.723,3	0,00	0,00
28/03/2009	222,6		310.167,3	222,6	0,00	0,00
29/03/2009	441,7		310.609,1	441,7	0,00	0,00
30/03/2009	3.448,0	16.337,0	293.356,5	-17.252,5	6,86	0,45
31/03/2009	897,5	5.000,3				
01/04/2009	0,0	260,8				
02/04/2009	43,8		293.400,4	43,8	0,00	0,00
03/04/2009	220,9		293.621,2	220,9	0,00	0,00
04/04/2009	0,0					
05/04/2009	133,2		293.754,5	133,2	0	0
06/04/2009	0,0					
07/04/2009	2.238,5	2.531,5	292.998,3	-756,2	1,01	0,12
08/04/2009	0,0	463,2				
09/04/2009	0,0					
10/04/2009	3.432,3	16.844,5	267.325,0	-25.673,3	10,47	0,27
11/04/2009	2.196,4	13.223,0				
12/04/2009	0,0	1.196,3				
13/04/2009	0,0					
14/04/2009	0,0					
15/04/2009	0,0	38,1				
16/04/2009	0,0					
17/04/2009	0,0					
18/04/2009	0,0					
19/04/2009	0,0					
20/04/2009	3.798,8	0	271.123,8	3.798,8	0,00	0,00

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
21/04/2009	3.892,5		275.016,3	3.892,5	0,00	0,00
22/04/2009	3.543,6		278.559,9	3.543,6	0,00	0,00
23/04/2009	3.702,4		282.262,3	3.702,4	0,00	0,00
24/04/2009	3.672,0		285.934,4	3.672,0	0,00	0,00
25/04/2009	0,0					
26/04/2009	355,8		286.290,2	355,8	0,00	0,00
27/04/2009	3.741,5		290.031,7	3.741,5	0,00	0,00
28/04/2009	0,0					
29/04/2009	14.601,4		304.633,1	14.601,4	0,00	0,00
30/04/2009	8.624,1		313.257,2	8.624,1	0,00	0,00
01/05/2009	10.088,1		323.345,3	10.088,1	0,00	0,00
02/05/2009	9.181,0		332.526,3	9.181,0	0,00	0,00
03/05/2009	7.285,1		339.811,4	7.285,1	0,00	0,00
04/05/2009	22.409,0		362.220,4	22.409,0	0,00	0,00
05/05/2009	4.988,9		367.209,4	4.988,9	0,00	0,00
06/05/2009	7.849,3		375.058,7	7.849,3	0,00	0,00
07/05/2009	4.932,5		379.991,2	4.932,5	0,00	0,00
08/05/2009	19.126,4	2.548,6	396.569,0	16.577,8	0,64	0,10
09/05/2009	8.698,9	2.537,4	402.730,5	6.161,4	0,63	0,24
10/05/2009	9.329,2	2.117,7	409.942,0	7.211,6	0,51	0,20
11/05/2009	8.566,5	1.604,5	416.904,0	6.962,0	0,38	0,15
12/05/2009	11.032,3	2.483,8	425.452,5	8.548,5	0,58	0,19
13/05/2009	5.410,1	2.381,9	428.480,7	3.028,2	0,55	0,34
14/05/2009	10.810,5	2.837,1	436.454,1	7.973,4	0,65	0,16
15/05/2009	8.780,1	393,3	444.840,9	8.386,8	0,09	0,04
16/05/2009	9.606,1	1.373,3	453.073,6	8.232,8	0,30	0,11
17/05/2009	9.413,5	1.173,4	461.313,7	8.240,1	0,25	0,09
18/05/2009	9.377,4	1.187,4	469.503,7	8.190,0	0,25	0,09
19/05/2009	9.416,5	1.026,0	477.894,2	8.390,5	0,21	0,08
20/05/2009	9.333,8	494,6	486.733,3	8.839,1	0,10	0,04
21/05/2009	9.485,7	1.503,4	494.715,7	7.982,3	0,30	0,11
22/05/2009	9.374,4	2.380,1	501.709,9	6.994,3	0,47	0,18
23/05/2009	43,8	186,2	501.567,5	-142,4	0,04	0,32
24/05/2009	5.288,4		506.856,0	5.288,4	0,00	0,00

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
25/05/2009	9.270,6		516.126,5	9.270,6	0,00	0,00
26/05/2009	9.287,3	75,3	525.338,5	9.212,0	0,01	0,00
27/05/2009	9.345,8		534.684,3	9.345,8	0,00	0,00
28/05/2009	16.815,5	711,3	550.788,5	16.104,2	0,13	0,02
29/05/2009	16.367,2	4.496,0	562.659,7	11.871,1	0,79	0,21
30/05/2009	12.306,6	3.061,9	571.904,3	9.244,7	0,53	0,19
31/05/2009	14.108,9	2.821,0	583.192,2	11.287,9	0,48	0,12
01/06/2009	12.240,4	5.746,7	589.686,0	6.493,7	0,97	0,32
02/06/2009	11.373,8	5.014,7	596.045,1	6.359,1	0,83	0,29
03/06/2009	20.603,8	11.075,8	605.573,1	9.527,9	1,80	0,35
04/06/2009	11.318,2	4.972,5	611.918,7	6.345,6	0,81	0,27
05/06/2009	10.970,6	4.585,7	618.303,6	6.384,9	0,74	0,25
06/06/2009	10.972,1	1.444,4	627.831,3	9.527,7	0,23	0,08
07/06/2009	10.970,6	2.159,2	636.642,8	8.811,4	0,34	0,08
08/06/2009	5.008,4	574,9	641.076,3	4.433,5	0,09	0,07
09/06/2009	6.183,4	473,5	646.786,1	5.709,9	0,07	0,04
10/06/2009	10.925,5	165,6	657.546,1	10.759,9	0,03	0,01
11/06/2009	11.941,0	711,0	668.776,1	11.230,0	0,11	0,03
12/06/2009	12.908,4	2.362,4	679.322,1	10.546,0	0,35	0,11
13/06/2009	13.040,8	4.661,9	687.700,9	8.378,8	0,67	0,15
14/06/2009	11.956,1	3.364,0	696.292,9	8.592,1	0,48	0,17
15/06/2009	12.436,0	6.346,4	702.382,5	6.089,5	0,90	0,20
16/06/2009	5.720,0	365,5	707.737,0	5.354,5	0,05	0,04
17/06/2009	10.916,5	1.270,7	717.382,7	9.645,8	0,18	0,05
18/06/2009	12.153,1	2.760,6	726.775,3	9.392,5	0,38	0,14
19/06/2009	13.164,2	6.084,4	733.855,0	7.079,8	0,82	0,28
20/06/2009	6.623,0	4.112,2	736.365,9	2.510,9	0,56	0,22
21/06/2009	6.090,1	548,3	741.907,7	5.541,8	0,07	0,05
22/06/2009	12.267,5	3.099,0	751.076,3	9.168,5	0,41	0,14
23/06/2009	12.297,6	7.125,5	756.248,3	5.172,1	0,93	0,32
24/06/2009	6.099,1	2.053,8	760.293,7	4.045,3	0,27	0,20
25/06/2009	6.020,9	317,1	765.997,4	5.703,8	0,04	0,03
26/06/2009	22.871,0	8.778,7	780.089,8	14.092,3	1,11	0,21
27/06/2009	9.219,4	1.935,4	787.373,8	7.284,0	0,25	0,09

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
28/06/2009	4.197,5	2.203,2	789.368,1	1.994,3	0,28	0,23
29/06/2009	11.277,5	841,1	799.804,5	10.436,4	0,11	0,04
30/06/2009	6.526,4	2.217,3	804.113,6	4.309,1	0,27	0,14
01/07/2009	12.345,7	684,5	815.774,8	11.661,2	0,08	0,03
02/07/2009	6.628,7	1.536,6	820.866,9	5.092,1	0,19	0,12
03/07/2009	12.282,5		833.149,5	12.282,5	0,00	0,00
04/07/2009	5.410,1	2.071,4	836.488,2	3.338,7	0,25	0,20
05/07/2009	13.735,9	957,4	849.266,6	12.778,5	0,11	0,04
06/07/2009	5.771,2	2.090,1	852.947,6	3.681,0	0,24	0,18
07/07/2009	11.885,4	1.975,8	862.857,2	9.909,6	0,23	0,08
08/07/2009	6.081,1	3.401,2	865.537,1	2.679,9	0,39	0,26
09/07/2009	6.194,6	3.748,4	866.980,4	1.443,3	0,55	0,32
10/07/2009	43,8	1.046,7				
11/07/2009	5.987,8	370,8	872.597,4	5.617,0	0,04	0,03
12/07/2009	3.655,9	1.109,5	875.143,7	2.546,4	0,13	0,15
13/07/2009	10.119,1	181,6	885.081,2	9.937,5	0,02	0,01
14/07/2009	4.134,3	456,1	888.759,4	3.678,2	0,05	0,05
15/07/2009	11.301,6	632,8	899.428,3	10.668,9	0,07	0,03
16/07/2009	5.106,2	1.670,3	902.864,2	3.435,9	0,18	0,16
17/07/2009	9.219,4	273,2	911.810,4	8.946,3	0,03	0,01
18/07/2009	5.082,1		916.892,5	5.082,1	0,00	0,00
19/07/2009	14.075,9	278,4	930.690,0	13.797,5	0,03	0,01
20/07/2009	11.077,4	608,0	941.159,5	10.469,5	0,06	0,03
21/07/2009	10.173,5	4.207,3	947.125,6	5.966,1	0,44	0,19
22/07/2009	16.111,4	10.414,4	952.822,6	5.697,0	1,08	0,29
23/07/2009	16.171,6	7.768,3	961.225,9	8.403,3	0,80	0,21
24/07/2009	16.129,5	11.197,5	966.157,9	4.932,0	1,15	0,30
25/07/2009	10.113,1	5.426,3	970.844,7	4.686,8	0,56	0,22
26/07/2009	9.151,7	9.377,8	970.618,6	-226,1	0,96	0,38
27/07/2009	10.194,3	7.802,1	973.010,8	2.392,3	0,80	0,28
28/07/2009	9.103,6	5.958,2	976.156,2	3.145,4	0,61	0,23
29/07/2009	9.121,6	1.508,6	983.769,3	7.613,1	0,15	0,06
30/07/2009	8.021,9	1.847,3	989.943,9	6.174,5	0,19	0,08
31/07/2009	8.033,9	3.114,6	994.863,1	4.919,3	0,31	0,13

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
01/08/2009	7.155,3	1.386,9	1.000.631,5	5.768,4	0,14	0,07
02/08/2009	7.025,9	265,9	1.007.391,4	6.760,0	0,03	0,01
03/08/2009	9.907,0	790,6	1.016.507,8	9.116,4	0,08	0,03
04/08/2009	8.070,0	671,3	1.023.906,5	7.398,7	0,07	0,03
05/08/2009	6.175,9	865,8	1.029.216,6	5.310,1	0,08	0,04
06/08/2009	7.165,8	585,2	1.035.797,2	6.580,6	0,06	0,02
07/08/2009	6.236,0	1.468,4	1.040.564,9	4.767,7	0,14	0,07
08/08/2009	2.217,6	438,4	1.042.344,1	1.779,1	0,04	0,06
09/08/2009	5.309,1	0,0	1.047.653,1	5.309,1	0,00	0,00
10/08/2009	7.150,8	0,0	1.054.803,9	7.150,8	0,00	0,00
11/08/2009	6.341,4	0,0	1.061.145,3	6.341,4	0,00	0,00
12/08/2009	6.048,0	303,1	1.066.890,2	5.744,9	0,03	0,01
13/08/2009	7.429,1	149,3	1.074.170,0	7.279,8	0,01	0,01
14/08/2009	7.257,6	0,0	1.081.427,6	7.257,6	0,00	0,00
15/08/2009	7.161,3	149,5	1.088.439,4	7.011,8	0,01	0,01
16/08/2009	7.158,3	0,0	1.095.597,6	7.158,3	0,00	0,00
17/08/2009	7.176,3	299,0	1.102.474,9	6.877,3	0,03	0,01
18/08/2009	7.173,3	308,3	1.109.340,0	6.865,1	0,03	0,01
19/08/2009	7.123,7	527,8	1.115.935,9	6.595,9	0,05	0,02
20/08/2009	7.135,7	387,8	1.122.683,8	6.747,9	0,03	0,02
21/08/2009	7.399,0	1.440,5	1.128.642,3	5.958,5	0,13	0,05
22/08/2009	7.218,5	684,2	1.135.176,6	6.534,3	0,06	0,03
23/08/2009	7.146,3	1.974,0	1.140.348,9	5.172,3	0,17	0,08
24/08/2009	7.314,8	484,3	1.147.179,3	6.830,5	0,04	0,02
25/08/2009	2.299,9	175,8	1.149.303,4	2.124,1	0,02	0,02
26/08/2009	5.256,6	599,2	1.153.960,8	4.657,4	0,05	0,03
27/08/2009	8.276,1	127,3	1.162.109,6	8.148,8	0,01	0,01
28/08/2009	6.916,1	190,3	1.168.835,3	6.725,7	0,02	0,01
29/08/2009	6.828,8	599,5	1.175.064,7	6.229,4	0,05	0,03
30/08/2009	5.029,5	605,4	1.179.488,8	4.424,1	0,05	0,04
31/08/2009	3.979,3	371,0	1.183.097,1	3.608,4	0,03	0,03
01/09/2009	5.041,5	385,0	1.187.753,6	4.656,5	0,05	0,02
02/09/2009	0,0	256,3	1.187.497,2	-256,3		
03/09/2009	8.998,3	1.449,5	1.195.046,0	7.548,8	0,12	0,05

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
04/09/2009	7.194,4	149,6	1.202.090,9	7.044,8	0,01	0,01
05/09/2009	5.268,7	252,7	1.207.106,9	5.016,0	0,02	0,02
06/09/2009	3.619,8	1.037,9	1.209.688,7	2.581,8	0,09	0,10
07/09/2009	266,4	1.990,0	1.207.965,2	-1.723,5	0,16	0,25
08/09/2009	2.098,7		1.210.063,9	2.098,7	0,00	0,00
09/09/2009	4.057,6		1.214.121,5	4.057,6	0,00	0,00
10/09/2009	0,0		1.214.121,5	0,0		
11/09/2009	19.726,7	2.209,0	1.231.639,1	17.517,6	0,18	0,04
12/09/2009	4.350,3	2.980,6	1.233.008,9	1.369,8	0,24	0,13
13/09/2009	2.717,1	24.187,1	1.211.538,8	-21.470,1	1,96	0,28
14/09/2009	4.545,4	102.243,5	1.103.524,9	-108.013,9	9,29	0,53
15/09/2009	178,8	6.446,3				
16/09/2009	310,3	4.358,7				
17/09/2009	3.611,1	28.224,6	1.072.538,3	-30.986,6	3,14	0,22
18/09/2009	89,4	4.174,4				
19/09/2009	43,8	2.006,9				
20/09/2009	0,0	324,9				
21/09/2009	5.473,3	350,8	1.077.660,8	5.122,5	0,03	0,02
22/09/2009	6.726,5	60.874,8				
23/09/2009	3.609,3	14.888,6	1.008.502,8	-69.158,0	1,71	0,55
24/09/2009	0,0	3.020,0				
25/09/2009	0,0	597,5				
26/09/2009	0,0	112,9				
27/09/2009	0,0	59.007,8				
28/09/2009	17.927,3	157.701,0	810.993,7	-197.509,1	22,99	0,46
29/09/2009	25.377,3	19.886,8				
30/09/2009	1.341,0	1.331,2				
01/10/2009	0,0	1.042,7				
02/10/2009	0,0	2.346,0				
03/10/2009	0,0	416,4				
04/10/2009	0,0	164,7				
05/10/2009	0,0	143,5				
06/10/2009	0,0	114,6				
07/10/2009	4.119,3	94,8	815.018,2	4.024,5	0,01	0,03

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
08/10/2009	3.666,7	118,7	818.566,2	3.548,0	0,01	0,04
09/10/2009	2.750,0	74,7	821.241,5	2.675,3	0,01	0,03
10/10/2009	2.750,0	73,4	823.918,1	2.676,6	0,01	0,03
11/10/2009	5.599,7	74,7	829.443,1	5.524,9	0,01	0,02
12/10/2009	5.104,7	64,8	834.483,0	5.039,9	0,01	0,02
13/10/2009	4.919,6	70,8	839.331,8	4.848,8	0,01	0,02
14/10/2009	5.653,8	39,9	844.945,7	5.613,9	0,00	0,02
15/10/2009	5.049,0	77,1	849.917,6	4.971,9	0,01	0,02
16/10/2009	4.856,4	51,8	854.722,2	4.804,6	0,01	0,02
17/10/2009	5.055,0	45,6	859.731,7	5.009,5	0,01	0,03
18/10/2009	3.941,7	74,2	863.599,2	3.867,5	0,01	0,05
19/10/2009	4.068,1	186,7	867.480,6	3.881,4	0,02	0,09
20/10/2009	4.010,9	170,4	871.321,0	3.840,5	0,02	0,16
21/10/2009	4.636,6	433,7	874.725,7	3.404,7	0,25	0,44
22/10/2009	932,6	1.529,5				
23/10/2009	0,0	201,2				
24/10/2009	4.026,0	123,3	878.628,4	3.902,7	0,01	0,06
25/10/2009	4.027,5	123,3	882.532,5	3.904,2	0,01	0,06
26/10/2009	4.035,0	152,2	886.415,3	3.882,8	0,02	0,08
27/10/2009	3.063,1	170,2	889.308,2	2.892,9	0,02	0,12
28/10/2009	2.118,3	184,4	891.242,2	1.933,9	0,02	0,19
29/10/2009	2.151,4	84,5	893.309,0	2.066,9	0,01	0,08
30/10/2009	3.144,4	147,3	896.306,1	2.997,1	0,02	0,10
31/10/2009	7.134,2	1.429,0	901.800,2	5.494,1	0,18	0,40
01/11/2009	0,0	211,2				
02/11/2009	5.151,3	178,8	906.772,7	4.972,5	0,02	0,06
03/11/2009	2.768,2	91,9	909.449,1	2.676,3	0,01	0,06
04/11/2009	364,1	61,7	909.751,4	302,3	0,01	0,34
05/11/2009	6.520,4	41,9	916.184,7	6.433,3	0,01	0,03
06/11/2009	0,0	45,2	916.139,5			
07/11/2009	6.442,2	38,4	922.587,1	6.447,6	0,00	0,01
08/11/2009	43,8					
09/11/2009	6.567,0	19,7	929.134,4	6.547,3	0,00	0,01
10/11/2009	27.876,4	1.452,9	955.557,9	26.423,5	0,15	0,08

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
11/11/2009	9.267,6	2.224,1	962.601,4	7.043,5	0,23	0,40
12/11/2009	9.129,2	3.178,0	968.552,5	5.951,1	0,33	0,48
13/11/2009	7.358,4	3.600,8	971.021,1	2.468,6		
14/11/2009	0,0	1.288,9				
15/11/2009	7.382,5	1.389,0	975.747,8	4.726,7	0,27	0,40
16/11/2009	0,0	889,0				
17/11/2009	0,0	377,7				
18/11/2009	9.309,7	947,6	982.987,7	7.239,9	0,21	0,21
19/11/2009	0,0	1.122,2				
20/11/2009	0,0					
21/11/2009	9.135,2	800,3	990.513,4	7.525,6	0,16	0,15
22/11/2009	0,0	589,4				
23/11/2009	0,0	219,9				
24/11/2009	6.833,3	448,0	996.898,7	6.385,4	0,04	0,05
25/11/2009	8.996,8	1.292,4	1.001.589,0	4.690,3	0,43	0,34
26/11/2009	0,0	1.581,6				
27/11/2009	0,0	716,2				
28/11/2009	0,0	716,2				
29/11/2009	538,2	417,8	1.000.966,3	-622,7	0,12	0,15
30/11/2009	0,0	416,6				
01/12/2009	0,0	326,5				
02/12/2009	9.111,1	489,3	1.009.588,1	8.621,8	0,05	0,03
03/12/2009	175,3	636,6	1.008.357,6	-1.230,5	0,14	0,44
04/12/2009	0,0	607,2				
05/12/2009	0,0	161,9				
06/12/2009	9.056,9	570,5	1.015.632,8	7.275,2	0,18	0,10
07/12/2009	0,0	909,9				
08/12/2009	0,0	301,4				
09/12/2009	9.225,4	672,2	1.023.321,5	7.688,7	0,15	0,09
10/12/2009	0,0	351,4				
11/12/2009	0,0	175,7				
12/12/2009	0,0	337,5				
13/12/2009	1.651,3	4.403,0	1.020.569,8	-2.751,7	0,43	0,15
14/12/2009	4.019,5	17.009,1	997.586,2	-22.983,6	2,64	0,27

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
15/12/2009	0,0	6.903,2				
16/12/2009	0,0	2.240,9				
17/12/2009	0,0	849,9				
18/12/2009	7.399,0	3.931,9	999.672,4	2.086,3	0,53	0,32
19/12/2009	0,0	1.003,2				
20/12/2009	0,0	377,6				
21/12/2009	43,8	579,7	999.136,6	-535,9	0,06	0,75
22/12/2009	625,8	1.326,3	998.436,1	-700,5	0,13	0,13
23/12/2009	766,0	5.399,3	993.802,8	-4.633,3	0,54	0,34
24/12/2009	888,7	10.009,7	974.761,5	-19.041,3	2,01	1,04
25/12/2009	89,4	10.009,7				
26/12/2009	1.430,4	6.247,0	959.179,9	-15.581,7	1,74	0,72
27/12/2009	0,0	8.617,0				
28/12/2009	0,0	2.148,1				
29/12/2009	1.474,2	7.915,8	949.614,6	-9.565,3	1,15	0,5
30/12/2009	0,0	2.812,7				
31/12/2009	0,0	155,5				
01/01/2010	0,0	155,5				
02/01/2010	11.322,7	1.409,5	959.527,8	9.913,2	0,15	0,09
03/01/2010	268,2	486,1	959.309,9	-217,9	0,05	0,17
04/01/2010	1.251,6	3.535,9	957.025,6	-2.284,3	0,37	0,25
05/01/2010	622,3	4.792,6	952.855,3	-4.170,3	0,50	0,74
06/01/2010	492,6	2.074,4	951.273,5	-1.581,8	0,22	0,45
07/01/2010	5.726,9	16.173,5	940.826,8	-10.446,7	1,69	0,43
08/01/2010	2.143,8	3.349,0	934.494,3	-6.332,5	0,97	0,76
09/01/2010	0,0	1.616,5				
10/01/2010	0,0	2.101,9				
11/01/2010	43,8	604,0				
12/01/2010	133,2	457,7				
13/01/2010	455,8	496,5				
14/01/2010	0,0	112,9				
15/01/2010	0,0	370,7				
16/01/2010	12.363,8	602,1	945.890,4	11.396,1	0,10	0,17
17/01/2010	0,0	365,5				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
18/01/2010	357,6	80,3	945.498,3	-392,2	0,08	0,65
19/01/2010	0,0	274,1				
20/01/2010	0,0	218,1				
21/01/2010	0,0	177,2				
22/01/2010	3.661,9	140,5	948.826,1	3.327,9	0,03	0,32
23/01/2010	0,0	120,9				
24/01/2010	0,0	72,6				
25/01/2010	131,5	65,4	948.892,2	66,1	0,01	0,18
26/01/2010	43,8	49,3	948.862,0	-30,2	0,01	0,96
27/01/2010	0,0	24,7				
28/01/2010	0,0					
29/01/2010	0,0					
30/01/2010	0,0					
31/01/2010	0,0					
01/02/2010	43,8	10,0	948.895,9	33,9	0,00	0,11
02/02/2010	0,0					
03/02/2010	0,0					
04/02/2010	1.204,3	87,0	950.033,7	1.137,8	0,01	0,02
05/02/2010	43,8	23,3				
06/02/2010	0,0					
07/02/2010	0,0					
08/02/2010	9.799,9	65,7	959.767,9	9.734,2	0,01	0,02
09/02/2010	9.708,8	85,4	969.323,2	9.555,3	0,02	0,09
10/02/2010	0,0	35,0				
11/02/2010	0,0	33,1				
12/02/2010	10.943,5	107,9	979.968,5	10.645,3	0,03	0,07
13/02/2010	0,0	117,6				
14/02/2010	0,0	72,7				
15/02/2010	1.118,4	70,8	981.016,2	1.047,6	0,01	0,03
16/02/2010	131,5	49,9	981.097,7	81,6	0,01	0,20
17/02/2010	43,8	161,5				
18/02/2010	1.477,7	810,6	980.714,2	-383,5	0,26	0,44
19/02/2010	667,9	1.064,0				
20/02/2010	0,0	319,1				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
21/02/2010	0,0	110,8				
22/02/2010	0,0	29,9				
23/02/2010	0,0	77,0				
24/02/2010	9.396,9	97,7	989.952,2	9.238,0	0,02	0,05
25/02/2010	0,0	61,3				
26/02/2010	0,0					
27/02/2010	19.928,3	281,4	1.009.393,6	19.441,4	0,05	0,07
28/02/2010	0,0	115,6				
01/03/2010	0,0	89,8				
02/03/2010	1.395,3	316,9	1.010.472,1	1.078,5	0,03	0,07
03/03/2010	1.290,2	1.167,7	1.021.520,4	11.048,3	0,41	0,29
04/03/2010	13.922,4	2.996,5				
05/03/2010	10.214,5	1.281,7	1.026.482,3	4.962,0	0,51	0,63
06/03/2010	0,0	3.970,8				
07/03/2010	850,2	2.556,9	1.024.775,6	-1.706,8	0,25	0,48
08/03/2010	760,8	3.366,3	1.021.646,8	-3.128,8	0,38	0,88
09/03/2010	0,0	523,2				
10/03/2010	10.055,9	902,8	1.030.058,4	8.411,6	0,16	0,30
11/03/2010	0,0	403,3				
12/03/2010	0,0	338,2				
13/03/2010	9.971,7	541,5	1.039.296,9	9.238,6	0,07	0,12
14/03/2010	0,0	44,7				
15/03/2010	0,0	146,9				
16/03/2010	14.453,5	458,9	1.052.766,2	13.469,3	0,09	0,10
17/03/2010	0,0	332,2				
18/03/2010	0,0	193,1				
19/03/2010	14.537,9	513,0	1.066.103,9	13.337,7	0,11	0,13
20/03/2010	0,0	687,3				
21/03/2010	1.160,4	1.173,8	1.063.668,7	-2.435,2	0,35	0,42
22/03/2010	133,2	1.414,2				
23/03/2010	0,0	667,7				
24/03/2010	0,0	473,2				
25/03/2010	9.428,5	489,5	1.072.180,8	8.512,2	0,09	0,13
26/03/2010	0,0	426,9				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
27/03/2010	9.389,4	156,7	1.081.215,2	9.034,4	0,03	0,05
28/03/2010	0,0	198,3				
29/03/2010	9.406,0	245,3	1.090.375,9	9.160,7	0,02	0,03
30/03/2010	18.947,4	613,7	1.107.909,7	17.533,7	0,13	0,10
31/03/2010	0,0	484,4				
01/04/2010	0,0	315,5				
02/04/2010	0,0					
03/04/2010	5.820,8	131,7	1.113.598,7	5.689,1	0,01	0,03
04/04/2010	3.952,3	63,1	1.117.422,6	3.823,9	0,01	0,04
05/04/2010	0,0	65,3				
06/04/2010	9.560,9	68,4	1.126.915,1	9.492,5	0,01	0,01
07/04/2010	14.106,0	74,9	1.140.879,7	13.964,6	0,01	0,01
08/04/2010	0,0	66,4				
09/04/2010	15.002,6		1.155.882,4	15.002,6	0,00	0,00
10/04/2010	15.002,6	349,5	1.170.501,3	14.618,9	0,03	0,03
11/04/2010	0,0	34,2				
12/04/2010	2.364,7	3.680,3	1.169.185,7	-1.315,6	0,31	0,23
13/04/2010	2.540,0	4.402,4	1.162.087,2	-7.098,5	0,82	0,46
14/04/2010	0,0	3.954,9				
15/04/2010	0,0	1.281,2				
16/04/2010	1.425,1	1.299,9	1.156.608,0	-5.479,2	0,62	0,43
17/04/2010	219,1	1.260,1				
18/04/2010	43,8	2.951,8				
19/04/2010	43,8	1.146,0				
20/04/2010	0,0	553,4				
21/04/2010	7.644,2	318,3	1.163.933,9	7.325,9	0,03	0,04
22/04/2010	312,0	445,7	1.168.613,7	4.679,7	0,13	0,18
23/04/2010	5.896,6	332,8				
24/04/2010	0,0	448,2				
25/04/2010	0,0	302,1				
26/04/2010	7.650,3	238,9	1.175.783,8	7.170,2	0,02	0,06
27/04/2010	0,0	241,2				
28/04/2010	8.852,3	95,7	1.184.540,4	8.756,6	0,01	0,01
29/04/2010	8.021,9	90,0	1.192.394,1	7.853,6	0,01	0,02

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
30/04/2010	0,0	78,2				
01/05/2010	489,1	79,1	1.192.804,0	409,9	0,01	0,02
02/05/2010	937,8	1.575,0	1.192.166,8	-637,2	0,13	0,37
03/05/2010	3.930,1	5.901,0	1.187.115,5	-5.051,3	0,75	0,41
04/05/2010	0,0	2.767,1				
05/05/2010	0,0	313,3				
06/05/2010	7.847,3	353,6	1.194.609,2	7.493,7	0,03	0,05
07/05/2010	2.143,8	2.021,2	1.193.834,7	-774,5	0,24	0,33
08/05/2010	0,0	897,2				
09/05/2010	89,4	234,9	1.193.689,2	-145,5	0,02	0,52
10/05/2010	8.694,4	264,9	1.201.830,7	8.141,5	0,05	0,09
11/05/2010	0,0	288,0				
12/05/2010	538,2	152,1	1.202.216,7	386,1	0,01	0,05
13/05/2010	4.105,9	114,0	1.206.208,6	3.991,9	0,01	0,03
14/05/2010	4.392,4	103,6	1.210.497,4	4.288,8	0,01	0,04
15/05/2010	6.957,6	160,0	1.217.295,0	6.797,6	0,01	0,04
16/05/2010	5.649,3	41,3	1.222.903,0	5.608,0	0,00	0,01
17/05/2010	7.472,7	31,3	1.230.344,5	7.441,5	0,00	0,01
18/05/2010	7.898,5	42,2	1.238.200,7	7.856,2	0,00	0,01
19/05/2010	6.275,2	42,5	1.244.433,3	6.232,6	0,00	0,01
20/05/2010	10.507,3	42,7	1.254.897,9	10.464,5	0,00	0,00
21/05/2010	6.529,4		1.261.427,3	6.529,4		
22/05/2010	6.774,6	45,8	1.268.156,1	6.728,8	0,00	0,01
23/05/2010	5.972,8	45,1	1.274.083,8	5.927,7	0,00	0,01
24/05/2010	5.843,4	11,9	1.279.915,3	5.831,5	0,00	0,01
25/05/2010	5.796,7		1.285.712,0	5.796,7	0,00	0,00
26/05/2010	8.562,0	48,9	1.294.225,1	8.513,1	0,00	0,01
27/05/2010	0,0					
28/05/2010	133,2		1.294.358,3	133,2	0,00	0,00
29/05/2010	9.553,4		1.303.911,7	9.553,4	0,00	0,00
30/05/2010	8.936,6	48,7	1.312.799,6	8.887,9	0,00	0,00
31/05/2010	8.831,3		1.321.630,9	8.831,3	0,00	0,00
01/06/2010	11.294,1	47,8	1.332.877,2	11.246,3	0,00	0,00

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
02/06/2010	10.012,3		1.342.889,5	10.012,3	0,00	0,00
03/06/2010	8.756,0		1.351.645,5	8.756,0	0,00	0,00
04/06/2010	8.784,6		1.360.430,1	8.784,6	0,00	0,00
05/06/2010	8.716,9		1.369.147,1	8.716,9	0,00	0,00
06/06/2010	894,0	110,6	1.369.930,4	783,4	0,01	0,01
07/06/2010	13.839,7	187,3	1.383.582,8	13.652,3	0,01	0,01
08/06/2010	13.657,6	910,0	1.396.330,4	12.747,6	0,07	0,05
09/06/2010	755,5	8.443,3	1.393.954,0	-2.376,4	1,24	0,34
10/06/2010	10.034,7	6.305,5				
11/06/2010	4.406,6	2.168,7				
12/06/2010	0,0	655,7				
13/06/2010	4.295,3	273,7	1.397.975,5	4.021,6	0,02	0,04
14/06/2010	3.704,0	10.465,8	1.379.964,1	-18.011,5	1,60	0,25
15/06/2010	759,0	10.229,0				
16/06/2010	0,0	1.779,7				
17/06/2010	6.822,8	1.034,4	1.385.752,4	5.788,4	0,07	0,06
18/06/2010	4.402,9	1.015,6	1.389.139,7	3.387,3	0,07	0,07
19/06/2010	5.969,8	413,6	1.394.695,9	5.556,2	0,03	0,04
20/06/2010	6.685,9		1.401.381,8	6.685,9	0,00	0,00
21/06/2010	6.684,4	353,3	1.407.712,8	6.331,1	0,03	0,02
22/06/2010	8.315,2	91,1	1.415.937,0	8.224,1	0,01	0,01
23/06/2010	10.123,6	84,0	1.425.976,6	10.039,6	0,01	0,00
24/06/2010	12.398,4	95,0	1.438.280,0	12.303,4	0,01	0,00
25/06/2010	8.208,4		1.446.488,4	8.208,4	0,00	0,00
26/06/2010	8.363,4		1.454.851,8	8.363,4	0,00	0,00
27/06/2010	8.571,0		1.463.422,8	8.571,0	0,00	0,00
28/06/2010	10.257,5		1.473.680,3	10.257,5	0,00	0,00
29/06/2010	10.140,2	101,0	1.483.719,4	10.039,1	0,01	0,00
30/06/2010	13.377,8		1.497.097,2	13.377,8	0,00	0,00
01/07/2010	15.029,7	579,1	1.511.547,8	14.450,6	0,04	0,02
02/07/2010	18.583,3	740,5	1.529.390,5	17.842,8	0,05	0,02
03/07/2010	11.941,0	9.045,4	1.532.286,2	2.895,6	0,59	0,34
04/07/2010	12.359,3	534,5	1.544.110,9	11.824,8	0,03	0,03
05/07/2010	15.487,1	5.145,7	1.554.452,3	10.341,4	0,33	0,19

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
06/07/2010	19.567,2	2.167,8	1.571.851,7	17.399,4	0,14	0,06
07/07/2010	23.298,3	9.961,9	1.585.188,0	13.336,4	0,62	0,22
08/07/2010	35.815,5	34.295,9	1.586.707,6	1.519,6	2,12	0,47
09/07/2010	23.141,8	12.216,8	1.597.632,6	10.925,0	0,76	0,26
10/07/2010	23.141,8	13.033,0	1.607.741,4	10.108,8	0,80	0,26
11/07/2010	15.483,6	10.077,3	1.613.147,7	5.406,3	0,62	0,34
12/07/2010	15.483,6	4.657,8	1.623.973,5	10.825,8	0,29	0,15
13/07/2010	15.483,6	8.875,7	1.630.581,4	6.607,9	0,54	0,31
14/07/2010	11.628,1	4.108,3	1.638.101,2	7.519,8	0,25	0,19
15/07/2010	11.450,6	2.054,1	1.647.497,6	9.396,4	0,12	0,10
16/07/2010	11.416,0	1.595,4	1.657.318,2	9.820,6	0,10	0,08
17/07/2010	11.416,0	1.595,4	1.667.138,8	9.820,6	0,10	0,08
18/07/2010	11.352,8	668,4	1.677.823,2	10.684,4	0,04	0,03
19/07/2010	11.292,6	658,1	1.688.457,7	10.634,5	0,04	0,03
20/07/2010	11.564,9	1.348,1	1.698.674,5	10.216,8	0,08	0,06
21/07/2010	13.278,5	1.400,0	1.710.553,0	11.878,5	0,08	0,06
22/07/2010	13.215,3	2.683,5	1.721.084,8	10.531,8	0,16	0,10
23/07/2010	13.107,9	3.945,4	1.730.247,3	9.162,4	0,23	0,15
24/07/2010	15.401,9	725,9	1.744.923,2	14.676,0	0,04	0,02
25/07/2010	15.150,1	2.184,4	1.757.888,9	12.965,7	0,12	0,07
26/07/2010	15.008,6	5.465,9	1.767.431,7	9.542,8	0,31	0,20
27/07/2010	14.934,9	548,2	1.781.818,4	14.386,8	0,03	0,02
28/07/2010	14.787,5	1.374,9	1.795.231,0	13.412,6	0,08	0,05
29/07/2010	16.523,6	4.087,0	1.807.667,7	12.436,6	0,23	0,14
30/07/2010	14.650,6	4.925,2	1.817.393,1	9.725,4	0,27	0,17
31/07/2010	14.879,3	6.804,3	1.825.468,0	8.075,0	0,37	0,24
01/08/2010	13.096,5	9.626,5	1.828.938,0	3.470,0	0,52	0,37
02/08/2010	12.971,6	4.578,5	1.837.331,1	8.393,1	0,25	0,17
03/08/2010	13.010,1	5.300,4	1.845.040,8	7.709,7	0,29	0,20
04/08/2010	13.077,5	5.717,4	1.852.400,9	7.360,1	0,31	0,21
05/08/2010	13.153,6	4.431,0	1.861.123,5	8.722,6	0,24	0,17
06/08/2010	14.951,5	4.583,1	1.871.491,9	10.368,4	0,24	0,15
07/08/2010	13.129,6	5.589,1	1.879.032,4	7.540,5	0,30	0,22
08/08/2010	13.179,2	3.360,8	1.888.850,8	9.818,4	0,18	0,12

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
09/08/2010	8.431,3	3.002,7	1.894.279,4	5.428,6	0,16	0,20
10/08/2010	13.044,0	5.931,3	1.901.392,1	7.112,7	0,31	0,21
11/08/2010	9.741,5	4.444,1	1.906.689,5	5.297,4	0,23	0,22
12/08/2010	315,5	805,9				
13/08/2010	2.008,9	490,5	1.905.735,9	-953,6	0,19	0,07
14/08/2010	43,8	490,5				
15/08/2010	222,6	1.757,6				
16/08/2010	7.803,7	892,7	1.912.647,0	6.911,1	0,05	0,06
17/08/2010	11.915,4	2.358,4	1.920.522,1	7.875,1	0,21	0,18
18/08/2010	0,0	1.681,9				
19/08/2010	4.591,0	23.950,1	1.895.618,9	-24.903,2	1,53	0,34
20/08/2010	0,0	5.544,0				
21/08/2010	7.736,0	838,2	1.902.516,7	6.897,8	0,04	0,05
22/08/2010	7.642,7	659,7	1.909.499,7	6.983,0	0,03	0,04
23/08/2010	9.053,9	1.034,7	1.917.519,0	8.019,3	0,05	0,05
24/08/2010	9.135,2	2.321,6	1.924.332,6	6.813,6	0,12	0,12
25/08/2010	9.069,0	710,0	1.932.691,5	8.358,9	0,04	0,03
26/08/2010	9.028,4	3.539,7	1.938.180,1	5.488,6	0,18	0,17
27/08/2010	9.094,5	2.940,4	1.944.334,3	6.154,1	0,15	0,13
28/08/2010	9.041,9	2.055,2	1.951.321,0	6.986,7	0,11	0,09
29/08/2010	8.980,2	2.023,6	1.958.277,6	6.956,6	0,10	0,09
30/08/2010	8.980,2	2.130,1	1.965.127,7	6.850,1	0,11	0,10
31/08/2010	9.111,1	2.655,7	1.971.583,0	6.455,4	0,13	0,12
01/09/2010	7.594,6	2.047,2	1.977.130,5	5.547,4	0,10	0,12
02/09/2010	404,9	4.529,1	1.973.006,3	-4.124,2	0,23	0,54
03/09/2010	8.167,2	193,7	1.980.979,8	7.973,5	0,01	0,01
04/09/2010	8.166,9	1.144,2	1.988.002,5	7.022,7	0,06	0,07
05/09/2010	7.591,6	1.108,8	1.994.485,3	6.482,8	0,06	0,07
06/09/2010	7.817,3	1.469,0	2.000.833,5	6.348,3	0,07	0,09
07/09/2010	11.963,6	652,0	2.012.145,2	11.311,6	0,03	0,03
08/09/2010	9.931,0	1.967,9	2.020.108,3	7.963,1	0,10	0,10
09/09/2010	7.442,6	999,3	2.026.551,7	6.443,4	0,05	0,07
10/09/2010	7.442,6	999,3	2.032.995,0	6.443,4	0,05	0,07
11/09/2010	7.549,5	1.373,6	2.039.170,9	6.175,9	0,07	0,09

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
12/09/2010	7.555,5	749,4	2.045.977,0	6.806,0	0,04	0,05
13/09/2010	7.608,7	2.137,1	2.051.448,6	5.471,6	0,10	0,15
14/09/2010	7.607,5	1.409,3	2.057.646,8	6.198,2	0,07	0,11
15/09/2010	7.609,6	1.409,3	2.063.847,2	6.200,4	0,07	0,11
16/09/2010	43,8	1.196,6				
17/09/2010	489,1	1.110,8				
18/09/2010	2.492,7	15.681,4	2.048.212,5	-15.634,7	0,90	0,37
19/09/2010	0,0	671,4				
20/09/2010	844,9	3.863,5	2.045.237,8	-2.974,7	0,19	0,26
21/09/2010	43,8					
22/09/2010	8.568,0	1.470,6	2.052.097,8	6.860,0	0,08	0,10
23/09/2010	0,0	237,4				
24/09/2010	9.354,8	774,6	2.060.678,0	8.580,2	0,04	0,05
25/09/2010	0,0	0,0				
26/09/2010	8.231,0	324,2	2.068.584,7	7.906,7	0,02	0,02
27/09/2010	0,0	0,0				
28/09/2010	4.425,0	236,8	2.072.772,8	4.188,1	0,01	0,03
29/09/2010	0,0	0,0				
30/09/2010	0,0	0,0				
01/10/2010	17.314,7	460,9	2.089.626,6	16.853,8	0,02	0,02
02/10/2010	8.291,2	580,3	2.096.846,7	7.220,1	0,05	0,07
03/10/2010	0,0	490,8				
04/10/2010	5.736,6	250,4	2.101.912,8	5.066,1	0,03	0,02
05/10/2010	0,0	420,0				
06/10/2010	17.090,8	2.314,8	2.116.282,2	14.369,3	0,13	0,09
07/10/2010	0,0	406,7				
08/10/2010	25.254,1	19.490,0	2.122.046,3	5.764,2	0,91	0,46
09/10/2010	3.562,0	2.666,0	2.097.344,9	-24.701,4	1,35	0,42
10/10/2010	354,1	25.202,6				
11/10/2010	0,0	748,8				
12/10/2010	7.688,4	69.558,8	2.026.722,6	-70.622,3	3,75	0,55
13/10/2010	534,6	2.261,9				
14/10/2010	43,8	5.958,4				
15/10/2010	0,0	1.110,1				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
16/10/2010	0,0	0,0		0,0		
17/10/2010	8.677,8	659,7	2.034.740,7	8.018,1	0,03	0,04
18/10/2010	0,0	0,0				
19/10/2010	8.679,3	189,2	2.043.135,1	8.394,5	0,01	0,02
20/10/2010	0,0	95,6				
21/10/2010	5.995,3	94,3	2.049.036,1	5.901,0	0,00	0,01
22/10/2010	5.995,3	94,3	2.054.424,2	5.388,1	0,03	0,05
23/10/2010	0,0	256,5				
24/10/2010	0,0	256,5				
25/10/2010	5.738,8	906,5	2.059.256,6	4.832,3	0,04	0,08
26/10/2010	5.738,8	906,5	2.063.999,2	4.742,6	0,05	0,09
27/10/2010	0,0	89,7				
28/10/2010	5.906,6	0,0	2.069.905,7	5.906,6	0,00	0,00
29/10/2010	5.906,6	0,0	2.075.812,3	5.906,6	0,00	0,00
30/10/2010	5.906,6	390,1	2.081.328,8	5.516,5	0,02	0,05
31/10/2010	6.127,4	325,1	2.086.700,4	5.371,6	0,04	0,07
01/11/2010	89,4	520,1				
02/11/2010	0,0	0,0				
03/11/2010	0,0	0,0				
04/11/2010	8.161,8	0,0	2.094.669,3	7.968,9	0,01	0,02
05/11/2010	0,0	0,0				
06/11/2010	0,0	192,8				
07/11/2010	8.273,1	0,0	2.102.591,1	7.921,7	0,02	0,03
08/11/2010	0,0	0,0				
09/11/2010	0,0	0,0				
10/11/2010	0,0	351,4				
11/11/2010	9.718,9	0,0	2.112.310,0	9.718,9	0,01	0,02
12/11/2010	0,0	0,0				
13/11/2010	0,0	238,7				
14/11/2010	9.738,5	0,0	2.122.048,4	9.738,5	0,00	0,00
15/11/2010	266,4	0,0	2.122.314,9	266,4	0,00	0,00
16/11/2010	0,0	0,0				
17/11/2010	133,2	191,8	2.122.256,4	-58,5	0,01	0,16
18/11/2010	12.413,4	97,0	2.134.572,8	12.316,4	0,00	0,01

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
19/11/2010	12.491,7	0,0	2.146.218,0	11.645,2	0,04	0,07
20/11/2010	0,0	846,4				
21/11/2010	0,0	0,0				
22/11/2010	12.314,1	751,1	2.156.904,8	10.686,8	0,08	0,13
23/11/2010	0,0	876,2				
24/11/2010	12.305,1	2.164,1	2.166.204,0	9.299,2	0,14	0,34
25/11/2010	0,0	841,8				
26/11/2010	0,0	0,0				
27/11/2010	0,0	0,0				
28/11/2010	0,0	0,0				
29/11/2010	12.413,8	3.589,9	2.175.027,8	8.823,9	0,16	0,25
30/11/2010	1.111,4	639,1	2.175.500,1	472,3	0,03	0,05
01/12/2010	12.342,7	3.216,9	2.183.924,5	8.424,4	0,18	0,28
02/12/2010	0,0	701,4				
03/12/2010	0,0	0,0				
04/12/2010	12.417,9	3.405,7	2.192.239,4	8.315,0	0,19	0,31
05/12/2010	0,0	697,3				
06/12/2010	12.431,5	2.950,1	2.200.456,4	8.217,0	0,19	0,30
07/12/2010	0,0	1.264,3				
08/12/2010	12.520,9	1.843,2	2.207.858,2	7.401,8	0,23	0,33
09/12/2010	0,0	3.275,9				
10/12/2010	177,0	1.586,8	2.204.558,8	-3.299,4		
11/12/2010	43,8	966,8				
12/12/2010	0,0	966,8				
13/12/2010	32.358,2	10.217,3	2.223.486,2	18.927,4		0,26
14/12/2010	133,2	3.346,8				
15/12/2010	32.179,2	12.976,1	2.238.942,5	15.456,3	0,74	0,34
16/12/2010	0,0	3.746,9				
17/12/2010	32.123,5	9.031,2	2.262.034,8	23.092,3	0,40	0,27
18/12/2010	177,0	4.467,8	2.256.964,0	-5.070,8	0,28	0,59
19/12/2010	848,4	680,7				
20/12/2010	43,8	558,9				
21/12/2010	133,2	363,0				
22/12/2010	43,8	246,7				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
23/12/2010	32.828,4	0,0	2.289.792,4	32.828,4	0,00	0,00
24/12/2010	0,1	0,0				
25/12/2010	32.828,3	3.939,2	2.317.062,7	27.270,2	0,24	0,22
26/12/2010	0,0	1.618,8				
27/12/2010	32.210,8	12,312,6	2.335.124,7	18.062,0	0,60	0,53
28/12/2010	0,0	1.836,1				
29/12/2010	32.141,6	6.730,9	2.360.143,6	25.018,9	0,30	0,37
30/12/2010	0,0	309,3				
31/12/2010	0,0	82,5				
01/01/2011	0,0	0,0				
02/01/2011	0,0	0,0				
03/01/2011	0,0	0,0				
04/01/2011	32.358,2	0,0	2.392.501,9	32.358,2	0,00	0,00
05/01/2011	0,0	0,0				
06/01/2011	32.358,2	8.905,1	2.411.756,9	19.255,0	0,54	0,64
07/01/2011	0,0	0,0				
08/01/2011	0,0	0,0				
09/01/2011	0,0	0,0				
10/01/2011	0,0	4.198,1		-4.198,1		
11/01/2011	8.364,9	209,8	2.419.912,0	8.155,1	0,01	0,03
12/01/2011	8.322,8	922,4	2.426.598,4	6.686,4	0,07	0,24
13/01/2011	0,0	713,9				
14/01/2011	9.931,0	2.081,1	2.433.725,2	7.126,8	0,12	0,35
15/01/2011	0,0	723,2				
16/01/2011	9.922,0	2.228,1	2.440.366,1	6.640,9	0,13	0,41
17/01/2011	0,0	726,4				
18/01/2011	0,0	167,4				
19/01/2011	0,0	159,1				
20/01/2011	9.798,6	363,4	2.449.383,9	9.017,8	0,03	0,10
21/01/2011	0,0	417,4				
22/01/2011	0,0	0,0				
23/01/2011	9.849,8	161,0	2.458.984,5	9.600,5	0,01	0,04
24/01/2011	0,0	88,3				
25/01/2011	9.866,3	173,4	2.468.677,4	9.692,9	0,01	0,02

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
26/01/2011	133,2	368,0				
27/01/2011	1.931,7	7.769,0	2.462.605,4	-6.072,1	0,33	0,50
28/01/2011	1.244,6	2.602,1	2.456.617,1	-5.988,2	0,32	0,53
29/01/2011	43,8	2.602,1				
30/01/2011	539,9	1.291,3				
31/01/2011	87,6	1.175,2				
01/02/2011	0,0	134,3				
02/02/2011	0,0	99,3				
03/02/2011	0,0	0,0				
04/02/2011	0,0	0,0				
05/02/2011	9.869,4	564,5	2.465.921,9	9.304,8	0,02	0,08
06/02/2011	9.783,6	430,6	2.475.168,7	9.246,8	0,02	0,07
07/02/2011	0,0	106,3				
08/02/2011	9.783,6	1.474,9	2.483.106,6	7.937,9	0,07	0,22
09/02/2011	0,0	370,8				
10/02/2011	12.079,4	1.588,3	2.492.139,5	9.032,8	0,12	0,37
11/02/2011	0,0	1.153,9				
12/02/2011	0,0	153,9				
13/02/2011	0,0	150,5				
14/02/2011	310,3	263,4	2.492.186,3	46,8	0,01	0,11
15/02/2011	667,9	266,0	2.491.733,4	-452,9	0,04	0,22
16/02/2011	0,0	419,7				
17/02/2011	0,0	435,0				
18/02/2011	0,0	0,0				
19/02/2011	0,0	0,0				
20/02/2011	0,0	0,0				
21/02/2011	12.049,3	193,7	2.503.589,1	11.855,6	0,01	0,02
22/02/2011	11.903,4	349,6	2.514.485,2	10.896,1	0,04	0,12
23/02/2011	0,0	178,5				
24/02/2011	0,0	178,5				
25/02/2011	0,0	142,8				
26/02/2011	0,0	104,9				
27/02/2011	0,0	0,0				
28/02/2011	0,0	0,0				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
01/03/2011	0,0	53,1		-53,1		
02/03/2011	0,0	10,6				
03/03/2011	0,0	0,0				
04/03/2011	1.561,9	405,9	2.515.641,2	1.156,0	0,02	0,03
05/03/2011	899,3	105,7	2.516.272,4	631,2	0,01	0,04
06/03/2011	0,0	162,4				
07/03/2011	0,0	0,0				
08/03/2011	43,8	0,0	2.516.316,2	43,8	0,00	0,00
09/03/2011	0,0	0,0				
10/03/2011	0,0	0,0				
11/03/2011	1.959,8	3.154,8	2.515.121,2	-1.195,0	0,13	0,24
12/03/2011	7.003,0	12.862,9	2.506.538,4	-8.582,8	0,64	0,45
13/03/2011	0,0	0,0				
14/03/2011	177,0	2.398,4				
15/03/2011	397,9	899,4				
16/03/2011	354,1	449,7	2.506.060,4	-478,0	0,03	0,37
17/03/2011	0,0	149,9				
18/03/2011	0,0	145,3				
19/03/2011	0,0	87,2				
20/03/2011	11.563,4	54,1	2.517.569,7	11.509,3	0,00	0,01
21/03/2011	0,0	0,0				
22/03/2011	494,3	609,9	2.517.454,1	-115,6	0,02	0,18
23/03/2011	4.156,2	6.752,9	2.511.626,2	-5.827,9	0,40	0,53
24/03/2011	0,0	2.847,4				
25/03/2011	0,0	383,9				
26/03/2011	0,0	0,0				
27/03/2011	0,0	0,0				
28/03/2011	11.897,4	239,0	2.523.226,6	11.600,4	0,01	0,07
29/03/2011	0,0	58,0				
30/03/2011	11.882,3	96,9	2.534.949,6	11.723,1	0,01	0,03
31/03/2011	0,0	62,4				
01/04/2011	11.909,4	77,1	2.546.724,5	11.774,9	0,01	0,03
02/04/2011	0,0	57,5				
03/04/2011	11.888,4	53,4	2.558.503,1	11.778,6	0,00	0,03

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
04/04/2011	0,0	56,3				
05/04/2011	11.786,1	89,1	2.570.118,4	11.615,3	0,01	0,04
06/04/2011	0,0	81,7				
07/04/2011	12.341,2	50,9	2.582.328,0	12.209,5	0,01	0,03
08/04/2011	0,0	80,8				
09/04/2011	0,0	0,0				
10/04/2011	12.027,0	31,7	2.594.323,2	11.995,2	0,00	0,01
11/04/2011	0,0	0,0				
12/04/2011	20.421,7	33,6	2.614.711,3	20.388,1	0,00	0,00
13/04/2011	15.833,1	683,9	2.629.860,5	15.149,2	0,03	0,10
14/04/2011	17.760,3	2.256,4	2.644.725,9	14.865,4	0,11	0,38
15/04/2011	0,0	545,4				
16/04/2011	0,0	93,2				
17/04/2011	15.669,1	39,9	2.660.355,1	15.629,2	0,00	0,01
18/04/2011	15.100,4	1.665,0	2.673.790,5	13.435,4	0,06	0,19
19/04/2011	15.456,3	1.694,5	2.687.158,3	13.367,8	0,08	0,19
20/04/2011	0,0	393,9				
21/04/2011	175,3	21.345,3	2.664.203,0	-22.955,3	1,09	0,53
22/04/2011	6.114,3	4.230,3				
23/04/2011	0,0	3.420,2				
24/04/2011	43,8	293,0				
25/04/2011	354,1	140,6	2.664.336,6	133,6	0,01	0,08
26/04/2011	0,0	79,9				
27/04/2011	8.456,7	125,1	2.672.519,6	8.182,9	0,02	0,05
28/04/2011	133,2	200,6				
29/04/2011	43,8	125,1				
30/04/2011	0,0	0,0				
01/05/2011	0,0	0,0				
02/05/2011	43,8	0,0	2.672.563,4	43,8	0,00	0,00
03/05/2011	18.786,8	0,0	2.691.350,2	18.786,8	0,00	0,00
04/05/2011	15.557,8	87,4	2.706.738,4	15.388,2	0,01	0,01
05/05/2011	0,0	82,1				
06/05/2011	0,0	0,0				
07/05/2011	2.718,8	246,8	2.709.169,3	2.430,9	0,01	0,01

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
08/05/2011	0,0	41,1				
09/05/2011	14.995,9	205,7	2.723.959,4	14.790,2	0,01	0,01
10/05/2011	14.995,9	2.632,8	2.735.629,5	11.670,0	0,12	0,24
11/05/2011	0,0	693,1				
12/05/2011	25.749,1	788,6	2.759.877,8	24.248,3	0,05	0,05
13/05/2011	0,0	712,1				
14/05/2011	809,9	296,6	2.760.702,9	825,1	0,02	0,03
15/05/2011	443,5	131,7				
16/05/2011	0,0	0,0				
17/05/2011	0,0	0,0				
18/05/2011	36.701,7	169,0	2.797.235,5	36.532,6	0,01	0,00
19/05/2011	0,0	0,0		0,0		
20/05/2011	0,0	0,0				
21/05/2011	0,0	0,0				
22/05/2011	0,0	0,0				
23/05/2011	18.682,6	23,3	2.815.894,8	18.659,3	0,00	0,00
24/05/2011	17.337,6	0,0	2.833.232,4	17.337,6	0,00	0,00
25/05/2011	0,0	0,0				
26/05/2011	0,0	0,0				
27/05/2011	2.236,8	0,0	2.835.469,1	2.236,8		0,00
28/05/2011	220,9	0,0	2.835.690,0	220,9		0,00
29/05/2011	0,0	0,0				
30/05/2011	21.668,9	37,6	2.857.365,1	21.675,1	0,00	0,00
31/05/2011	43,8	0,0				0,00
01/06/2011	18.116,9	188,2	2.875.293,8	17.928,7	0,01	0,01
02/06/2011	16.038,0	210,8	2.890.476,0	15.182,2	0,04	0,05
03/06/2011	178,8	823,9				
04/06/2011	2.448,9	6.270,3	2.885.956,9	-4.519,1	0,24	0,33
05/06/2011	0,0	483,7				
06/06/2011	0,0	214,0				
07/06/2011	406,7	0,0	2.886.154,7	197,8	0,01	0,06
08/06/2011	0,0	208,9				
09/06/2011	0,0	0,0				
10/06/2011	1.111,4	0,0	2.887.266,0	1.111,4	0,00	0,00

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
11/06/2011	0,0	0,0				
12/06/2011	9.950,6	241,8	2.896.974,8	9.708,8	0,01	0,03
13/06/2011	12.329,2	113,5	2.909.190,5	12.215,7	0,00	0,01
14/06/2011	0,0	0,0				
15/06/2011	10.274,1	293,7	2.918.877,1	9.686,6	0,02	0,04
16/06/2011	0,0	293,7				
17/06/2011	9.207,4	79,0	2.928.005,5	9.128,4	0,00	0,01
18/06/2011	9.207,4	0,0	2.937.212,9	9.207,4	0,00	0,00
19/06/2011	9.516,7	0,0	2.946.729,6	9.516,7	0,00	0,00
20/06/2011	14.795,0	0,0	2.961.524,6	14.795,0	0,00	0,00
21/06/2011	12.928,0	181,5	2.974.271,1	12.746,4	0,01	0,01
22/06/2011	6.449,7	0,0	2.980.504,9	6.233,9	0,01	0,03
23/06/2011	0,0	215,8				
24/06/2011	0,0	0,0				
25/06/2011	16.905,8	165,2	2.997.245,6	16.740,6	0,01	0,01
26/06/2011	15.637,9	105,5	3.012.777,9	15.532,3	0,00	0,01
27/06/2011	14.769,1	156,3	3.027.390,7	14.612,8	0,01	0,01
28/06/2011	11.519,8	141,1	3.038.769,3	11.378,7	0,00	0,01
29/06/2011	11.510,7	213,6	3.050.066,5	11.297,1	0,01	0,02
30/06/2011	9.929,5	171,5	3.059.824,4	9.758,0	0,01	0,01
01/07/2011	9.825,7	385,7	3.069.264,5	9.440,1	0,01	0,03
02/07/2011	9.938,6	377,4	3.078.825,7	9.561,2	0,01	0,03
03/07/2011	9.982,4	985,7	3.087.822,4	8.996,7	0,03	0,07
04/07/2011	13.232,9	2.115,1	3.098.940,1	11.117,8	0,07	0,10
05/07/2011	5.262,7	1.349,2	3.102.853,6	3.913,4	0,04	0,19
06/07/2011	9.836,3	561,1	3.112.128,7	9.275,2	0,02	0,04
07/07/2011	8.327,3	1.848,0	3.118.608,0	6.479,2	0,06	0,15
08/07/2011	7.948,1	490,6	3.126.065,5	7.457,5	0,02	0,04
09/07/2011	8.300,2	314,5	3.134.051,2	7.985,7	0,01	0,03
10/07/2011	8.300,2	317,2	3.142.034,1	7.982,9	0,01	0,03
11/07/2011	8.235,5	194,8	3.150.074,9	8.040,7	0,01	0,02
12/07/2011	8.106,7	318,6	3.157.863,0	7.788,1	0,01	0,03
13/07/2011	8.332,4	325,5	3.165.869,8	8.006,9	0,01	0,02
14/07/2011	12.171,2	3.312,3	3.174.728,7	8.858,9	0,10	0,14

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
15/07/2011	8.300,2	216,3	3.182.812,5	8.083,8	0,01	0,02
16/07/2011	8.300,2	645,7	3.190.467,0	7.654,5	0,02	0,06
17/07/2011	0,0	135,0				
18/07/2011	8.045,9	130,2	3.198.382,7	7.915,7	0,00	0,01
19/07/2011	8.061,7	130,2	3.206.314,2	7.931,5	0,00	0,01
20/07/2011	8.061,7	131,5	3.214.244,4	7.930,2	0,00	0,01
21/07/2011	11.593,5	112,7	3.225.725,2	11.480,8	0,00	0,01
22/07/2011	9.760,0	524,6	3.234.960,7	9.235,5	0,02	0,04
23/07/2011	9.830,1	1.142,5	3.243.648,3	8.687,6	0,04	0,09
24/07/2011	9.690,0	556,6	3.252.781,7	9.133,4	0,02	0,04
25/07/2011	9.970,2	350,4	3.262.401,4	9.619,7	0,01	0,02
26/07/2011	9.490,2	406,1	3.271.485,5	9.084,1	0,01	0,03
27/07/2011	10.018,3	390,7	3.281.113,2	9.627,6	0,01	0,03
28/07/2011	9.148,7	660,7	3.289.601,2	8.488,0	0,02	0,04
29/07/2011	399,7	5.561,7	3.282.744,9	-6.856,3	0,24	0,42
30/07/2011	799,3	2.493,6				
31/07/2011	9.653,5	3.153,9	3.289.244,6	6.499,7	0,10	0,16
01/08/2011	9.529,3	4.282,5	3.294.491,4	5.246,9	0,13	0,21
02/08/2011	9.481,2	3.353,2	3.300.619,5	6.128,0	0,10	0,15
03/08/2011	9.234,5	2.113,0	3.307.741,0	7.121,5	0,06	0,09
04/08/2011	12.681,2	1.139,7	3.319.282,5	11.541,5	0,03	0,04
05/08/2011	6.520,4	2.200,6	3.323.602,3	4.319,8	0,07	0,13
06/08/2011	9.714,4	1.399,8	3.331.916,9	8.314,6	0,04	0,05
07/08/2011	9.469,2	713,7	3.340.435,5	8.518,6	0,03	0,04
08/08/2011	0,0	236,8				
09/08/2011	0,0	0,0				
10/08/2011	10.531,3	357,4	3.350.609,5	10.173,9	0,01	0,01
11/08/2011	19.669,5	469,9	3.369.809,0	19.199,6	0,01	0,01
12/08/2011	9.744,5	626,6	3.378.926,9	9.117,9	0,02	0,02
13/08/2011	9.621,1	1.875,6	3.386.672,5	7.745,5	0,06	0,07
14/08/2011	8.271,6	624,7	3.394.319,4	7.646,9	0,02	0,03
15/08/2011	8.271,6	628,0	3.401.963,0	7.643,6	0,02	0,03
16/08/2011	8.036,9	1.139,5	3.408.860,4	6.897,4	0,03	0,05
17/08/2011	8.050,4	892,1	3.416.018,8	7.158,4	0,03	0,04

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
18/08/2011	8.112,4	634,9	3.423.496,4	7.477,6	0,02	0,03
19/08/2011	8.351,0	1.126,2	3.430.721,2	7.224,9	0,03	0,05
20/08/2011	8.095,6	744,1	3.438.072,7	7.351,4	0,02	0,03
21/08/2011	8.094,1	737,0	3.445.429,8	7.357,1	0,02	0,03
22/08/2011	8.094,1	614,1	3.452.909,7	7.479,9	0,02	0,03
23/08/2011	8.094,1	737,0	3.460.266,9	7.357,1	0,02	0,03
24/08/2011	8.094,1	368,5	3.467.992,5	7.725,6	0,01	0,02
25/08/2011	8.094,1	491,3	3.475.595,2	7.602,8	0,01	0,02
26/08/2011	8.094,1	368,5	3.483.320,8	7.725,6	0,01	0,02
27/08/2011	8.094,1	614,1	3.490.800,8	7.479,9	0,02	0,03
28/08/2011	8.094,1	614,1	3.498.280,7	7.479,9	0,02	0,03
29/08/2011	8.107,6	368,5	3.506.019,8	7.739,1	0,01	0,02
30/08/2011	8.175,3	491,3	3.513.703,9	7.684,0	0,01	0,02
31/08/2011	7.575,0	367,9	3.520.911,0	7.207,1	0,01	0,02
01/09/2011	7.776,6	487,6	3.528.200,0	7.289,0	0,01	0,02
02/09/2011	7.862,4	455,1	3.535.607,3	7.407,3	0,01	0,02
03/09/2011	7.871,4	455,1	3.542.831,8	7.224,5	0,02	0,03
04/09/2011	0,0	191,8				
05/09/2011	0,0	0,0				
06/09/2011	6.875,4	0,0	3.549.707,3	6.875,4	0,00	0,00
07/09/2011	0,0	0,0				
08/09/2011	0,0	0,0				
09/09/2011	14.178,2	114,7	3.563.770,7	14.063,5	0,00	0,00
10/09/2011	0,0	0,0				
11/09/2011	0,0	0,0				
12/09/2011	15.821,1	226,1	3.579.365,7	15.595,0	0,01	0,01
13/09/2011	0,0	0,0		0,0		
14/09/2011	0,0	0,0				
15/09/2011	23.346,4	426,9	3.602.285,2	22.919,5	0,01	0,00
16/09/2011	24.354,4	426,9	3.622.626,5	20.341,3	0,11	0,04
17/09/2011	0,0	3.586,2				
18/09/2011	0,0	0,0				
19/09/2011	0,0	0,0				
20/09/2011	16.001,6	670,8	3.633.909,6	11.283,1	0,13	0,10

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
21/09/2011	0,0	0,0				
22/09/2011	0,0	0,0				
23/09/2011	0,0	4.047,7				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Tabla F.2 Parcela 2 – Balance de cloruro y drenaje relativo

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
21/03/2009	2.712,2	298,6	57.987,8	2.413,6	0,51	0,11
22/03/2009	2.709,3	232,8	60.464,3	2.476,5	0,38	0,09
23/03/2009	2.716,4	56,9	63.123,9	2.659,6	0,09	0,02
24/03/2009	2.739,1		65.863,0	2.739,1	0,00	0,00
25/03/2009	3.153,1		69.016,1	3.153,1	0,00	0,00
26/03/2009	3.509,0		72.525,1	3.509,0	0,00	0,00
27/03/2009	3.497,6		76.022,7	3.497,6	0,00	0,00
28/03/2009	223,3	532,0	75.714,1	-308,7	0,85	0,09
29/03/2009	443,1	917,4	75.239,8	-474,2	1,47	0,12
30/03/2009	3.459,0	15.171,8	63.527,0	-11.712,8	23,42	0,51
31/03/2009	900,4	8.016,4	54.057,3	-9.469,6		
01/04/2009	0,0	2.353,6				
02/04/2009	44,0	1.136,9	52.964,4	-1.092,9		
03/04/2009	221,6	1.230,9	51.656,9	-1.307,5	3,89	0,58
04/04/2009	0,0	298,1				
05/04/2009	133,6		51.790,6	133,6		
06/04/2009	0,0		51.790,6	0,0		
07/04/2009	2.245,6	7.859,8	44.489,5	-7.301,1	23,80	0,38
08/04/2009	0,0	1.170,7				
09/04/2009	0,0	516,3				
10/04/2009	3.443,2	11.335,5	22.501,8	-21.987,7	76,32	0,50
11/04/2009	2.203,4	13.018,8				
12/04/2009	0,0	2.424,2				
13/04/2009	0,0	718,6				
14/04/2009	0,0	101,4				
15/04/2009	0,0	35,8				
16/04/2009	0,0		22.501,8	0,0		
17/04/2009	0,0		22.501,8	0,0		
18/04/2009	0,0		22.501,8	0,0		
19/04/2009	0,0		22.501,8	0,0		
20/04/2009	3.558,6		26.060,4	3.558,6	0,00	0,00

+ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
21/04/2009	3.535,9		29.596,3	3.535,9	0,00	0,00
22/04/2009	3.535,9		33.132,2	3.535,9	0,00	0,00
23/04/2009	3.535,9		36.668,1	3.535,9	0,00	0,00
24/04/2009	3.568,5		40.236,6	3.568,5	0,00	0,00
25/04/2009	0,0		40.236,6	0,0	0,00	
26/04/2009	357,0		40.593,5	357,0	0,00	0,00
27/04/2009	3.581,3		44.174,8	3.581,3	0,00	0,00
28/04/2009	2.408,8		46.583,6	2.408,8	0,00	0,00
29/04/2009	14.147,9		60.731,5	14.147,9	0,00	0,00
30/04/2009	8.406,3		69.137,8	8.406,3	0,00	0,00
01/05/2009	9.737,2		78.875,0	9.737,2	0,00	0,00
02/05/2009	8.970,2		87.845,2	8.970,2	0,00	0,00
03/05/2009	6.769,8		94.615,0	6.769,8	0,00	0,00
04/05/2009	25.078,8	383,3	119.310,5	24.695,5	0,32	0,02
05/05/2009	6.986,7	750,2	125.547,0	6.236,5	0,59	0,11
06/05/2009	10.956,5	2.091,5	134.411,9	8.864,9	1,53	0,15
07/05/2009	6.615,3	299,1	140.728,1	6.316,1	0,21	0,03
08/05/2009	19.283,5	7.357,2	152.654,3	11.926,3	4,60	0,27
09/05/2009	8.389,6	2.645,0	158.398,9	5.744,6	1,64	0,23
10/05/2009	8.947,6	5.636,8	161.709,7	3.310,8	3,37	0,48
11/05/2009	7.949,0	3.473,1	166.185,6	4.475,9	2,05	0,31
12/05/2009	10.193,6	3.551,4	172.827,9	6.642,3	2,01	0,27
13/05/2009	5.045,8	2.122,8	175.750,9	2.923,0	1,19	0,31
14/05/2009	10.140,2	5.659,9	180.231,3	4.480,4	3,04	0,33
15/05/2009	8.427,3	2.088,5	186.570,0	6.338,8	1,11	0,19
16/05/2009	9.199,0	2.871,8	192.897,2	6.327,2	1,47	0,23
17/05/2009	9.300,1	1.042,4	201.154,9	8.257,7	0,52	0,08
18/05/2009	9.150,2	1.721,1	208.583,9	7.429,0	0,82	0,14
19/05/2009	9.173,3	3.674,0	214.083,3	5.499,4	1,69	0,28
20/05/2009	9.198,1	1.811,1	221.470,2	7.386,9	0,81	0,14
21/05/2009	9.208,9	2.914,6	227.764,4	6.294,3	1,26	0,23
22/05/2009	9.173,3	1.294,6	235.643,2	7.878,7	0,55	0,09
23/05/2009	44,0	922,5	234.764,7	-878,5	0,42	0,77
24/05/2009	5.049,6	502,7	239.311,6	4.546,9	0,22	0,07

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
25/05/2009	9.187,3	1.347,3	247.151,5	7.839,9	0,54	0,11
26/05/2009	9.102,9	977,9	255.276,5	8.125,0	0,38	0,06
27/05/2009	9.261,5		264.537,9	9.261,5	0,00	0,00
28/05/2009	16.604,5	1.181,3	279.961,1	15.423,2	0,42	0,05
29/05/2009	16.171,6	2.010,9	294.121,8	14.160,7	0,68	0,09
30/05/2009	12.186,3	2.062,1	304.246,1	10.124,2	0,67	0,09
31/05/2009	14.068,4	2.964,7	315.349,8	11.103,7	0,93	0,09
01/06/2009	12.265,1	1.417,9	326.197,0	10.847,2	0,43	0,06
02/06/2009	11.234,0	8.214,5	329.216,5	3.019,5	2,43	0,38
03/06/2009	20.596,0	16.790,8	333.021,6	3.805,1	4,80	0,44
04/06/2009	11.418,0	9.779,3	334.660,4	1.638,7	2,84	0,45
05/06/2009	8.207,2	9.533,8	333.333,7	-1.326,6	2,78	0,63
06/06/2009	8.207,2	4.323,6	337.217,2	3.883,5	1,27	0,29
07/06/2009	8.205,6	6.425,7	338.997,1	1.779,9	1,86	0,32
08/06/2009	5.025,7	2.579,8	341.443,0	2.445,9	0,75	0,27
09/06/2009	6.175,9	2.190,7	345.428,1	3.985,1	0,63	0,16
10/06/2009	11.040,8	2.715,9	353.753,0	8.324,9	0,76	0,13
11/06/2009	11.977,6	4.689,3	361.041,3	7.288,3	1,28	0,17
12/06/2009	13.138,6	7.362,2	366.817,7	5.776,4	1,97	0,23
13/06/2009	12.894,3	7.052,7	372.659,3	5.841,6	1,86	0,23
14/06/2009	11.994,6	6.110,4	378.543,5	5.884,2	1,59	0,28
15/06/2009	12.130,6	6.939,5	383.734,7	5.191,1	1,78	0,23
16/06/2009	5.741,5	1.663,2	387.812,9	4.078,3	0,43	0,15
17/06/2009	10.410,1	3.789,2	394.433,8	6.620,9	0,95	0,15
18/06/2009	11.702,4	2.831,1	403.305,2	8.871,4	0,70	0,22
19/06/2009	13.189,6	10.119,1	406.375,7	3.070,5	2,43	0,39
20/06/2009	6.384,3	8.044,8	404.715,1	-1.660,5	1,95	0,36
21/06/2009	5.846,6	2.203,1	408.358,6	3.643,5	0,54	0,19
22/06/2009	11.869,4	8.652,3	411.575,7	3.217,1	2,06	0,36
23/06/2009	10.215,3	9.889,7	411.901,3	325,6	2,34	0,46
24/06/2009	6.183,6	2.930,7	415.154,2	3.252,9	0,70	0,44
25/06/2009	6.186,7	1.306,2	420.034,7	4.880,5	0,31	0,14
26/06/2009	21.342,6	11.290,3	430.087,0	10.052,3	2,56	0,24
27/06/2009	9.028,0	6.896,4	432.218,6	2.131,6	1,57	0,31

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
28/06/2009	4.211,0	4.996,6	431.433,0	-785,6	1,14	0,49
29/06/2009	11.152,1	4.204,6	438.380,5	6.947,5	0,95	0,17
30/06/2009	6.325,8	4.654,7	440.051,6	1.671,1	1,05	0,29
01/07/2009	12.039,4	3.600,2	448.490,9	8.439,3	0,80	0,14
02/07/2009	6.873,0	3.717,4	451.646,6	3.155,7	0,82	0,23
03/07/2009	11.983,8	3.659,9	459.970,4	8.323,9	0,79	0,13
04/07/2009	5.781,6	3.227,7	462.524,4	2.554,0	0,69	0,23
05/07/2009	13.767,7	3.917,6	472.374,5	9.850,1	0,82	0,12
06/07/2009	5.123,1	4.071,9	473.425,8	1.051,2	0,85	0,32
07/07/2009	11.832,3	4.800,4	480.457,7	7.031,9	0,99	0,16
08/07/2009	5.961,0	8.140,6	478.278,1	-2.179,6	1,67	0,54
09/07/2009	5.868,2	7.838,4	474.281,0	-3.997,1	2,03	0,49
10/07/2009	44,0	2.070,9				
11/07/2009	5.798,7	2.557,9	477.521,8	3.240,8	0,53	0,17
12/07/2009	3.563,3	2.788,0	478.297,1	775,3	0,58	0,30
13/07/2009	9.770,1	1.674,0	486.393,1	8.096,1	0,34	0,07
14/07/2009	4.081,2	2.496,8	487.977,5	1.584,4	0,51	0,24
15/07/2009	10.852,2	2.930,1	495.899,6	7.922,1	0,59	0,10
16/07/2009	5.188,0	3.519,5	497.568,1	1.668,5	0,70	0,25
17/07/2009	8.969,3	837,4	510.884,9	13.316,8	0,16	0,03
18/07/2009	5.184,9	0,0				
19/07/2009	14.042,9	1.061,7	523.866,1	12.981,2	0,20	0,03
20/07/2009	10.985,1	3.671,7	531.179,5	7.313,4	0,69	0,12
21/07/2009	10.395,3	7.156,8	534.418,0	3.238,5	1,32	0,24
22/07/2009	16.303,0	14.346,5	536.374,6	1.956,6	2,61	0,30
23/07/2009	16.473,1	13.495,0	539.352,7	2.978,1	2,44	0,27
24/07/2009	16.813,2	13.891,6	542.274,2	2.921,6	2,50	0,26
25/07/2009	10.657,4	11.931,4	541.000,3	-1.274,0	2,16	0,35
26/07/2009	9.464,0	8.166,4	542.297,8	1.297,5	1,48	0,28
27/07/2009	10.326,6	11.278,5	541.345,9	-951,9	2,04	0,33
28/07/2009	9.314,0	7.673,1	542.986,8	1.640,9	1,39	0,24
29/07/2009	9.357,3	1.408,4	550.935,7	7.948,9	0,25	0,04
30/07/2009	8.134,5	3.502,5	555.567,7	4.632,0	0,63	0,12
31/07/2009	8.358,7	5.423,8	558.502,6	2.934,9	0,96	0,18

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
01/08/2009	7.443,5	3.691,4	562.254,6	3.752,1	0,65	0,14
02/08/2009	7.333,7	1.147,0	568.441,4	6.186,7	0,20	0,04
03/08/2009	10.093,1	4.168,3	574.366,2	5.924,8	0,72	0,11
04/08/2009	7.969,1	4.198,4	578.136,9	3.770,7	0,72	0,15
05/08/2009	6.415,5	2.125,7	582.426,6	4.289,7	0,36	0,09
06/08/2009	7.397,1	2.774,4	587.049,3	4.622,7	0,47	0,10
07/08/2009	6.559,2	1.628,1	591.980,5	4.931,2	0,27	0,07
08/08/2009	2.215,3	815,0	593.380,8	1.400,3	0,14	0,10
09/08/2009	5.511,2	1.160,3	605.145,8	11.765,0	0,19	0,02
10/08/2009	7.414,1	0,0				
11/08/2009	6.531,4	488,1	611.189,1	6.043,3	0,08	0,02
12/08/2009	6.284,1	337,3	617.135,9	5.946,8	0,05	0,01
13/08/2009	7.658,4	324,3	624.470,0	7.334,1	0,05	0,01
14/08/2009	7.275,0	320,1	631.424,8	6.954,8	0,05	0,01
15/08/2009	7.219,3	473,3	638.170,8	6.746,0	0,07	0,02
16/08/2009	7.142,0	478,5	644.834,4	6.663,6	0,07	0,02
17/08/2009	7.111,1	482,8	651.462,7	6.628,3	0,07	0,02
18/08/2009	7.191,5	413,8	658.240,4	6.777,8	0,06	0,02
19/08/2009	7.112,7	611,1	664.742,0	6.501,6	0,09	0,02
20/08/2009	7.142,0	600,0	671.284,1	6.542,1	0,09	0,02
21/08/2009	7.392,5	1.456,3	677.220,2	5.936,1	0,21	0,05
22/08/2009	7.154,4	1.946,3	682.428,3	5.208,1	0,28	0,09
23/08/2009	7.115,8	1.344,0	688.200,0	5.771,7	0,19	0,06
24/08/2009	7.339,9	619,2	694.920,7	6.720,7	0,09	0,02
25/08/2009	2.451,6	1.529,7	695.842,7	921,9	0,22	0,11
26/08/2009	5.246,8	1.684,6	699.404,8	3.562,1	0,24	0,08
27/08/2009	8.372,6	444,5	707.332,9	7.928,1	0,06	0,02
28/08/2009	6.973,5	638,6	713.667,8	6.334,9	0,09	0,03
29/08/2009	6.951,9	2.149,0	718.470,7	4.802,9	0,30	0,10
30/08/2009	4.963,9	2.440,0	720.994,5	2.523,8	0,34	0,16
31/08/2009	3.973,0	952,9	724.014,5	3.020,0	0,13	0,08
01/09/2009	5.055,1	1.425,2	727.095,2	3.080,7	0,27	0,12
02/09/2009	0,0	549,2				
03/09/2009	9.358,8	2.811,2	733.642,9	6.547,6	0,38	0,09

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
04/09/2009	7.040,0	684,5	739.998,4	6.355,5	0,09	0,03
05/09/2009	5.920,8	3.670,5	742.248,7	2.250,3	0,49	0,20
06/09/2009	4.908,2	5.202,4	741.954,5	-294,2	0,70	0,34
07/09/2009	267,3	4.622,4	737.599,4	-4.355,1	0,62	0,69
08/09/2009	2.003,5	698,5	738.904,4	1.305,0	0,09	0,11
09/09/2009	4.985,5	0,0	743.889,9	4.985,5	0,00	0,00
10/09/2009	0,0	0,0	743.889,9	0,0		
11/09/2009	20.537,2	9.076,8	755.350,3	11.460,4	1,19	0,14
12/09/2009	5.281,3	8.188,3	752.443,3	-2.907,1	1,04	0,32
13/09/2009	2.725,7	36.290,1	718.878,8	-33.564,5	4,79	0,38
14/09/2009	4.559,8	76.464,8	624.273,8	-94.605,0	13,73	0,55
15/09/2009	179,4	14.008,7				
16/09/2009	311,3	9.181,9				
17/09/2009	3.622,5	61.590,2	553.094,3	-71.179,6	9,79	0,52
18/09/2009	89,7	6.995,9				
19/09/2009	44,0	4.570,0				
20/09/2009	0,0	1.779,5				
21/09/2009	5.599,2	3.786,1	554.907,4	1.813,1	0,68	0,23
22/09/2009	6.924,1	40.910,4	520.921,0	-33.986,4	7,42	0,50
23/09/2009	3.620,8	9.567,2	507.737,8	-13.183,2	3,28	0,29
24/09/2009	0,0	4.154,1				
25/09/2009	0,0	2.262,7				
26/09/2009	0,0	820,0				
27/09/2009	0,0	61.764,5				
28/09/2009	17.984,3	163.090,0	305.259,2	-202.478,7	46,98	0,45
29/09/2009	25.457,9	20.397,0				
30/09/2009	1.345,3	561,0				
01/10/2009	0,0	764,5				
02/10/2009	0,0	391,9				
03/10/2009	0,0	189,2				
04/10/2009	0,0	89,0				
05/10/2009	0,0	16,8				
06/10/2009	0,0	2,3				
07/10/2009	3.926,6	14,5	309.171,2	3.912,1	0,00	0,08

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
08/10/2009	3.594,5	11,6	312.754,1	3.582,9	0,00	0,07
09/10/2009	2.695,9	5,8	315.444,2	2.690,1	0,00	0,03
10/10/2009	2.695,9	18,5	318.121,6	2.677,4	0,01	0,03
11/10/2009	5.141,6	24,5	323.238,8	5.117,2	0,01	0,06
12/10/2009	4.914,4	16,4	328.136,8	4.898,0	0,01	0,05
13/10/2009	4.851,0	74,6	332.913,2	4.776,4	0,02	0,08
14/10/2009	5.172,6	301,4	337.784,4	4.871,2	0,09	0,15
15/10/2009	4.925,2	530,8	342.178,9	4.394,5	0,15	0,18
16/10/2009	4.886,6	647,1	346.418,3	4.239,5	0,19	0,25
17/10/2009	4.891,2	850,9	350.458,7	4.040,3	0,24	0,33
18/10/2009	3.909,6	604,1	353.764,2	3.305,5	0,17	0,21
19/10/2009	3.923,5	803,9	356.883,8	3.119,6	0,22	0,36
20/10/2009	3.915,8	296,0	360.503,6	3.619,8	0,08	0,18
21/10/2009	4.323,9	699,1	363.988,9	3.485,4	0,63	0,42
22/10/2009	935,5	908,9				
23/10/2009	0,0	166,1				
24/10/2009	3.954,4	145,9	367.797,4	3.808,5	3,69	0,17
25/10/2009	3.957,5	145,9	371.608,9	3.811,6	0,04	0,17
26/10/2009	4.173,9	340,6	375.442,3	3.833,3	0,09	0,29
27/10/2009	2.921,7	635,3	377.728,7	2.286,4	0,17	0,50
28/10/2009	2.022,0	577,5	379.173,2	1.444,5	0,15	0,55
29/10/2009	2.034,4	460,5	380.747,1	1.573,9	0,12	0,36
30/10/2009	3.054,7	659,1	383.142,7	2.395,6	0,17	0,40
31/10/2009	7.080,2	1.852,8	387.585,9	4.443,2	0,68	0,60
01/11/2009	0,0	784,2				
02/11/2009	2.130,2	147,8	389.485,0	1.899,1	0,06	0,19
03/11/2009	0,0	70,5				
04/11/2009	0,0	12,8				
05/11/2009	7.145,1	178,6	396.451,5	6.966,5	0,07	0,08
06/11/2009	261,3	103,5		157,8		
07/11/2009	6.985,9	622,0	402.859,4	6.407,9	0,15	0,15
08/11/2009	44,0					
09/11/2009	6.975,1	332,4	409.502,0	6.642,7	0,08	0,07
10/11/2009	30.741,7	6.341,0	433.902,7	24.400,7	1,44	0,20

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
11/11/2009	9.878,3	8.429,0	435.352,0	1.449,3	1,90	0,67
12/11/2009	9.831,9	4.557,9	440.626,0	5.274,0	1,02	0,29
13/11/2009	7.772,8	11.845,3	430.873,1	-9.753,0		
14/11/2009	0,0	5.680,4				
15/11/2009	7.763,5	12.377,2	421.079,3	-9.793,8	4,00	0,78
16/11/2009	0,0	3.411,7				
17/11/2009	0,0	1.768,4				
18/11/2009	9.946,3	10.058,5	417.567,4	-3.511,9	3,12	0,65
19/11/2009	0,0	3.399,7				
20/11/2009	0,0					
21/11/2009	10.611,0	12.576,8	412.763,1	-4.804,4	3,60	0,55
22/11/2009	0,0	2.297,1				
23/11/2009	0,0	541,5				
24/11/2009	9.371,2	12.756,7	409.377,6	-3.385,4	3,02	0,58
25/11/2009	10.521,4	12.333,1	399.791,1	-9.586,5		
26/11/2009	0,0	4.860,8				
27/11/2009	0,0	1.457,0				
28/11/2009	0,0	1.457,0				
29/11/2009	539,9	1.162,0	397.853,6	-1.937,6	0,80	0,25
30/11/2009	0,0	1.151,7				
01/12/2009	0,0	163,8				
02/12/2009	10.674,4	6.465,6	402.062,3	4.208,8	1,58	0,33
03/12/2009	175,9	3.203,6	398.115,9	-3.946,4	1,11	1,01
04/12/2009	0,0	730,8				
05/12/2009	0,0	187,8				
06/12/2009	10.918,7	7.495,9	398.545,5	429,6	2,56	0,41
07/12/2009	0,0	2.160,0				
08/12/2009	0,0	833,2				
09/12/2009	8.907,4	8.344,2	396.521,3	-2.024,2	2,68	0,59
10/12/2009	0,0	1.841,2				
11/12/2009	0,0	247,9				
12/12/2009	0,0	498,4				
13/12/2009	1.656,5	10.929,6	387.248,2	-9.273,1	3,14	0,30
14/12/2009	4.032,3	11.775,6	372.005,6	-15.242,6	5,90	0,31

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
15/12/2009	0,0	4.398,7				
16/12/2009	0,0	1.917,7				
17/12/2009	0,0	1.182,8				
18/12/2009	7.123,5	5.899,8	371.742,7	-262,9	2,27	0,78
19/12/2009	0,0	878,4				
20/12/2009	0,0	608,2				
21/12/2009	44,0	1.217,2	370.569,5	-1.173,2		
22/12/2009	627,8	2.753,6	368.443,7	-2.125,8	1,12	0,42
23/12/2009	768,5	7.487,9	361.724,3	-6.719,4	2,13	0,71
24/12/2009	891,6	4.866,5	352.972,5	-8.751,8	1,41	0,86
25/12/2009	89,7	4.866,5				
26/12/2009	1.434,9	3.421,5	348.292,7	-4.679,8	1,81	0,58
27/12/2009	0,0	1.685,5				
28/12/2009	0,0	1.007,8				
29/12/2009	1.478,9	3.622,3	344.758,4	-3.534,3	1,50	0,53
30/12/2009	0,0	1.245,6				
31/12/2009	0,0	72,7				
01/01/2010	0,0	72,7				
02/01/2010	16.074,2	2.407,2	358.425,4	13.667,0	0,67	0,25
03/01/2010	269,1	1.201,3	357.493,2	-932,3	0,46	1,01
04/01/2010	1.255,6	2.732,7	356.016,0	-1.477,2	0,80	0,43
05/01/2010	624,3	1.906,4	354.733,9	-1.282,1	0,56	0,77
06/01/2010	494,1	1.153,1	354.074,9	-659,0	0,34	0,61
07/01/2010	5.745,1	10.484,8	349.335,2	-4.739,7	3,06	0,43
08/01/2010	2.150,7	1.684,3	346.657,4	-2.677,8	2,05	0,23
09/01/2010	0,0	413,1				
10/01/2010	0,0	886,9				
11/01/2010	44,0	592,5				
12/01/2010	133,6	759,3				
13/01/2010	457,2	1.016,8				
14/01/2010	0,0	35,2				
15/01/2010	0,0	75,2				
16/01/2010	13.987,3	1.391,0	358.746,5	12.089,1	0,53	0,52
17/01/2010	0,0	507,1				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
18/01/2010	358,7	67,8	358.363,2	-383,3	0,21	0,86
19/01/2010	0,0	340,6				
20/01/2010	0,0	217,7				
21/01/2010	0,0	115,9				
22/01/2010	3.493,7	760,1	360.872,7	2.509,5	0,27	0,64
23/01/2010	0,0	188,3				
24/01/2010	0,0	35,8				
25/01/2010	131,9	170,9	360.833,7	-39,0	0,05	0,21
26/01/2010	44,0	116,3	360.746,8	-86,9	0,04	0,32
27/01/2010	0,0	14,5				
28/01/2010	0,0	0,0	360.746,8			
29/01/2010	0,0	0,0	360.746,8			
30/01/2010	0,0	0,0	360.746,8			
31/01/2010	0,0	0,0	360.746,8			
01/02/2010	44,0	22,3	360.768,4	21,6	0,01	0,21
02/02/2010	0,0	0,0	360.768,4			
03/02/2010	0,0	0,0	360.768,4			
04/02/2010	1.208,1	133,7	361.535,9	767,4	0,14	0,08
05/02/2010	44,0	351,0				
06/02/2010	0,0	0,0	361.535,9			
07/02/2010	0,0	0,0	361.535,9			
08/02/2010	10.833,7	2.675,7	369.693,8	8.158,0	0,76	0,33
09/02/2010	10.742,2	1.140,7	379.255,0	9.561,2	0,47	0,48
10/02/2010	0,0	29,0				
11/02/2010	0,0	11,4				
12/02/2010	11.050,1	1.172,6	388.854,5	9.599,5	0,37	0,46
13/02/2010	0,0	228,8				
14/02/2010	0,0	49,1				
15/02/2010	1.121,9	309,3	389.667,1	812,6	0,08	0,09
16/02/2010	131,9	120,5	389.678,5	11,4	0,03	0,25
17/02/2010	44,0	543,7		-499,8		
18/02/2010	1.482,4	2.158,7	385.375,5	-3.803,2	1,77	0,65
19/02/2010	670,0	2.221,8				
20/02/2010	0,0	679,8				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
21/02/2010	0,0	216,4				
22/02/2010	0,0	122,8				
23/02/2010	0,0	56,3				
24/02/2010	10.042,1	1.575,3	393.554,6	8.179,2	0,47	0,38
25/02/2010	0,0	287,7				
26/02/2010	0,0	0,0				
27/02/2010	27.504,6	4.254,7	415.195,0	21.640,4	1,39	0,33
28/02/2010	0,0	965,1				
01/03/2010	0,0	644,5				
02/03/2010	1.399,8	3.764,1	412.830,7	-2.364,3	0,95	0,39
03/03/2010	1.294,3	895,7	425.309,3	12.478,7	1,21	0,22
04/03/2010	16.151,5	4.071,4				
05/03/2010	7.942,0	2.190,4	428.065,6	2.756,3	1,26	0,61
06/03/2010	0,0	2.995,3				
07/03/2010	852,9	3.376,2	425.542,3	-2.523,3	0,83	0,54
08/03/2010	763,2	3.013,5	422.572,4	-2.969,9	0,98	0,72
09/03/2010	0,0	719,5				
10/03/2010	11.051,6	3.969,2	428.559,2	5.986,8	1,17	0,66
11/03/2010	0,0	541,3				
12/03/2010	0,0	554,3				
13/03/2010	10.992,9	236,8	438.744,7	10.185,4	0,18	0,09
14/03/2010	0,0	390,6				
15/03/2010	0,0	180,0				
16/03/2010	15.876,3	4.126,1	448.427,6	9.683,0	1,36	0,45
17/03/2010	0,0	1.478,0				
18/03/2010	0,0	589,2				
19/03/2010	16.096,5	5.279,0	456.189,9	7.762,2	1,74	0,54
20/03/2010	0,0	3.055,3				
21/03/2010	1.164,1	4.369,5	448.336,9	-7.853,0	1,94	0,93
22/03/2010	133,6	2.388,5				
23/03/2010	0,0	1.652,2				
24/03/2010	0,0	740,6				
25/03/2010	10.716,1	4.369,0	454.357,3	6.020,4	1,02	0,51
26/03/2010	0,0	326,7				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
27/03/2010	10.603,3	2.196,3	462.660,0	8.302,7	0,49	0,27
28/03/2010	0,0	104,3				
29/03/2010	10.778,0	2.936,2	470.501,8	7.841,8	0,62	0,35
30/03/2010	21.373,5	3.684,4	487.189,3	16.687,5	0,95	0,29
31/03/2010	0,0	891,1				
01/04/2010	0,0	110,6				
02/04/2010	0,0					
03/04/2010	6.563,9	185,9	493.567,2	6.378,0	0,04	0,03
04/04/2010	4.353,2	78,3	497.801,7	4.234,5	0,02	0,03
05/04/2010	0,0	40,4				
06/04/2010	10.728,5	1.291,7	507.238,6	9.436,8	0,25	0,13
07/04/2010	15.916,5	2.547,5	519.314,2	12.075,6	0,73	0,33
08/04/2010	0,0	1.293,4				
09/04/2010	16.061,9	3.715,7	531.660,3	12.346,1	0,69	0,24
10/04/2010	16.061,9	3.122,7	543.967,1	12.306,8	0,69	0,37
11/04/2010	0,0	632,4				
12/04/2010	2.372,2	3.284,6	543.054,7	-912,4	0,62	0,23
13/04/2010	2.548,1	1.385,0	539.460,4	-3.594,3	1,04	0,30
14/04/2010	0,0	2.893,7				
15/04/2010	0,0	1.863,6				
16/04/2010	1.429,7	1.888,0	536.544,1	-2.916,3	0,81	0,40
17/04/2010	219,8	356,5				
18/04/2010	44,0	1.384,2				
19/04/2010	44,0	734,7				
20/04/2010	0,0	290,4				
21/04/2010	7.678,5	1.956,8	542.265,7	5.721,6	0,36	0,24
22/04/2010	313,0	1.566,0	544.912,0	2.646,3	0,75	0,62
23/04/2010	7.117,8	2.849,6				
24/04/2010	0,0	321,3				
25/04/2010	0,0	47,5				
26/04/2010	8.405,0	178,2	553.138,8	8.226,8	0,03	0,02
27/04/2010	0,0	0,0	553.138,8	0,0		
28/04/2010	11.651,4	0,0	564.790,2	11.651,4	0,00	0,00
29/04/2010	11.884,8	1.367,2	574.504,4	9.714,2	0,38	0,21

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
30/04/2010	0,0	803,5				
01/05/2010	490,6	945,8	574.049,2	-455,2	0,12	0,25
02/05/2010	940,8	3.125,8	571.864,2	-2.185,0	0,56	0,63
03/05/2010	3.942,6	3.157,6	570.603,8	-1.260,4	0,93	0,23
04/05/2010	0,0	1.713,6				
05/05/2010	0,0	331,8				
06/05/2010	11.124,3	1.171,0	580.557,1	9.953,3	0,20	0,14
07/05/2010	2.150,7	4.064,6	577.325,7	-3.231,4	0,95	0,42
08/05/2010	0,0	1.317,5				
09/05/2010	89,7	141,4	577.274,0	-51,7	0,03	0,26
10/05/2010	11.499,9	1.432,1	586.797,5	9.523,5	0,32	0,24
11/05/2010	0,0	544,3				
12/05/2010	539,9	571,5	586.765,9	-31,6		
13/05/2010	5.480,9	519,7	591.727,1	4.961,2	0,08	0,11
14/05/2010	5.428,9	627,7	596.528,3	4.801,2	0,11	0,19
15/05/2010	8.616,2	647,3	604.497,2	7.968,9	0,11	0,10
16/05/2010	9.074,4	760,1	612.811,6	8.314,3	0,12	0,11
17/05/2010	10.581,7	1.026,6	622.366,6	9.555,0	0,16	0,16
18/05/2010	11.370,1	1.470,6	632.266,1	9.899,5	0,23	0,21
19/05/2010	7.208,5	998,9	638.475,7	6.209,6	0,16	0,22
20/05/2010	13.885,2	1.999,2	650.361,8	11.886,1	0,31	0,20
21/05/2010	8.986,3	1.258,8	658.089,3	7.727,5	0,19	0,20
22/05/2010	9.357,3	1.097,8	666.348,8	8.259,5	0,16	0,15
23/05/2010	8.582,8	1.815,9	673.115,7	6.766,9	0,27	0,26
24/05/2010	8.542,6	1.481,0	680.177,3	7.061,7	0,22	0,19
25/05/2010	8.517,9	1.321,1	687.374,1	7.196,8	0,19	0,20
26/05/2010	8.666,3	1.478,5	694.266,8	6.892,7	0,25	0,22
27/05/2010	0,0	295,0				
28/05/2010	133,6	0,0	694.400,5	133,6		
29/05/2010	10.722,3	524,2	704.598,6	10.198,2	0,07	0,05
30/05/2010	10.249,3	1.007,3	713.840,6	9.242,0	0,14	0,09
31/05/2010	10.536,8	1.620,0	722.757,5	8.916,9	0,22	0,15
01/06/2010	14.446,4	3.352,0	733.851,9	11.094,4	0,45	0,17

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
02/06/2010	16.599,8	6.342,7	744.109,1	10.257,1	0,85	0,25
03/06/2010	14.922,5	10.213,9	748.817,7	4.708,7	1,35	0,40
04/06/2010	15.007,5	6.037,2	757.788,1	8.970,4	0,79	0,26
05/06/2010	15.002,9	11.703,7	761.087,3	3.299,2	1,51	0,44
06/06/2010	896,8	1.117,5	760.866,6	-220,6	0,15	0,07
07/06/2010	23.236,3	9.514,3	774.588,7	13.722,1	1,21	0,22
08/06/2010	23.137,4	10.062,5	787.663,6	13.074,9	1,26	0,22
09/06/2010	757,9	20.341,2	768.346,0	-19.317,6	5,57	0,51
10/06/2010	16.783,8	10.141,9				
11/06/2010	7.361,6	11.787,0				
12/06/2010	0,0	1.950,8				
13/06/2010	7.652,2	2.429,8	773.568,4	5.222,4	0,31	0,18
14/06/2010	3.715,7	22.807,4	744.413,0	-29.155,4	3,00	0,41
15/06/2010	761,4	9.049,4				
16/06/2010	0,0	1.775,8				
17/06/2010	12.201,8	5.367,1	751.247,6	6.834,6	0,71	0,23
18/06/2010	7.592,6	6.392,7	752.447,5	1.199,9	0,86	0,41
19/06/2010	10.606,4	4.207,1	758.846,8	6.399,3	0,55	0,28
20/06/2010	9.071,3	2.561,1	765.357,0	6.510,2	0,33	0,21
21/06/2010	11.738,0	5.137,9	771.957,1	6.600,1	0,66	0,28
22/06/2010	11.906,5	5.957,9	777.905,7	5.948,6	0,76	0,36
23/06/2010	9.068,2	5.479,5	781.494,4	3.588,7	0,70	0,45
24/06/2010	8.773,0	5.200,5	785.066,9	3.572,5	0,66	0,44
25/06/2010	8.876,5	6.016,7	787.926,7	2.859,8	0,76	0,50
26/06/2010	8.881,2	246,7	796.561,1	8.634,5	0,03	0,02
27/06/2010	14.815,9	3.836,5	807.540,5	10.979,4	0,47	0,19
28/06/2010	14.475,8	9.080,6	812.935,7	5.395,2	1,10	0,45
29/06/2010	11.578,8	8.111,9	816.402,6	3.466,9	0,98	0,49
30/06/2010	11.634,4	7.846,5	820.190,5	3.787,9	0,95	0,45
01/07/2010	17.389,8	8.969,5	828.610,8	8.420,3	1,07	0,35
02/07/2010	18.495,1	13.205,2	833.900,8	5.289,9	1,56	0,50
03/07/2010	14.429,4	9.047,1	839.283,1	5.382,3	1,07	0,39
04/07/2010	14.418,6	8.297,2	845.404,4	6.121,4	0,97	0,39
05/07/2010	20.288,3	10.233,5	855.459,3	10.054,9	1,18	0,30

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
06/07/2010	26.054,5	16.902,2	864.611,6	9.152,3	1,92	0,37
07/07/2010	25.668,0	20.297,8	869.981,8	5.370,2	2,28	0,42
08/07/2010	45.327,2	55.635,6	859.673,4	-10.308,4	6,21	0,67
09/07/2010	26.065,3	14.885,5	870.853,2	11.179,9	1,68	0,33
10/07/2010	26.065,3	14.426,9	882.491,7	11.638,4	1,61	0,33
11/07/2010	19.965,2	18.470,5	883.986,4	1.494,8	2,05	0,53
12/07/2010	17.201,9	21.855,1	879.333,3	-4.653,1	2,43	0,71
13/07/2010	17.201,9	10.905,6	885.629,7	6.296,3	1,22	0,40
14/07/2010	14.417,0	10.151,4	889.895,3	4.265,6	1,13	0,44
15/07/2010	14.161,9	9.119,1	894.938,1	5.042,9	1,01	0,41
16/07/2010	14.104,9	4.761,5	904.281,5	9.343,4	0,52	0,22
17/07/2010	14.104,9	4.761,5	913.624,9	9.343,4	0,52	0,22
18/07/2010	14.050,3	7.947,8	919.727,4	6.102,6	0,86	0,37
19/07/2010	14.118,7	7.790,2	926.055,9	6.328,5	0,83	0,37
20/07/2010	17.538,2	7.801,4	935.792,6	9.736,7	0,83	0,30
21/07/2010	20.442,9	9.759,4	946.476,2	10.683,5	1,02	0,32
22/07/2010	17.510,4	8.623,1	955.363,4	8.887,3	0,89	0,30
23/07/2010	17.300,1	10.215,7	962.447,8	7.084,4	1,05	0,35
24/07/2010	20.452,2	10.632,3	972.267,7	9.819,9	1,08	0,30
25/07/2010	14.536,1	10.529,9	976.273,8	4.006,1	1,07	0,44
26/07/2010	17.434,6	10.149,8	983.558,6	7.284,8	1,02	0,35
27/07/2010	21.662,6	16.688,4	988.532,8	4.974,2	1,66	0,45
28/07/2010	19.674,6	15.802,8	992.404,6	3.871,8	1,57	0,52
29/07/2010	20.459,9	17.388,4	995.476,1	3.071,5	1,72	0,54
30/07/2010	17.379,0	17.998,9	994.856,2	-619,9	1,78	0,61
31/07/2010	17.719,0	18.898,3	993.676,9	-1.179,2	1,87	0,62
01/08/2010	14.791,1	15.488,7	992.979,4	-697,6	1,54	0,61
02/08/2010	14.636,5	13.008,2	994.607,7	1.628,3	1,29	0,49
03/08/2010	14.783,4	17.623,4	991.767,7	-2.840,0	1,75	0,54
04/08/2010	17.681,9	9.824,9	999.624,7	7.857,1	0,97	0,31
05/08/2010	17.867,5	14.106,1	1.003.386,1	3.761,3	1,39	0,45
06/08/2010	18.179,7	18.892,0	1.002.673,8	-712,3	1,85	0,58
07/08/2010	15.120,4	9.763,3	1.008.030,9	5.357,1	0,96	0,37
08/08/2010	14.942,6	9.995,4	1.012.978,1	4.947,2	0,98	0,38

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
09/08/2010	12.091,1	12.794,8	1.012.274,5	-703,7	1,28	0,56
10/08/2010	21.131,5	17.915,7	1.015.490,3	3.215,8	1,77	0,46
11/08/2010	18.621,9	17.891,4	1.016.220,8	730,5	1,73	0,53
12/08/2010	316,5	6.331,6				
13/08/2010	2.015,3	4.486,0	999.146,1	-17.074,7	1,98	0,46
14/08/2010	44,0	4.486,0				
15/08/2010	223,3	4.370,1				
16/08/2010	15.278,1	9.109,0	1.005.315,2	6.169,1	0,90	0,35
17/08/2010	21.508,0	9.311,2	1.007.914,6	2.599,3	1,84	0,52
18/08/2010	0,0	9.597,5				
19/08/2010	4.605,5	31.797,6	975.346,9	-32.567,7	3,76	0,49
20/08/2010	0,0	5.375,6				
21/08/2010	15.143,6	9.457,8	981.032,6	5.685,7	0,95	0,37
22/08/2010	15.069,4	10.400,2	985.701,8	4.669,1	1,04	0,40
23/08/2010	17.904,6	10.506,6	993.099,7	7.397,9	1,05	0,35
24/08/2010	18.280,2	8.929,2	1.002.450,8	9.351,1	0,88	0,35
25/08/2010	18.461,1	7.869,6	1.013.042,3	10.591,5	0,77	0,31
26/08/2010	19.653,0	9.653,0	1.023.042,2	9.999,9	0,93	0,35
27/08/2010	19.623,6	9.844,2	1.032.821,6	9.779,4	0,94	0,33
28/08/2010	19.435,0	8.181,8	1.044.074,8	11.253,2	0,78	0,28
29/08/2010	19.404,1	9.438,1	1.054.040,7	9.965,9	0,89	0,31
30/08/2010	19.404,1	9.438,1	1.064.006,6	9.965,9	0,88	0,31
31/08/2010	19.869,4	12.120,4	1.071.755,6	7.749,0	1,12	0,38
01/09/2010	13.265,3	9.543,6	1.075.477,3	3.721,7	0,88	0,46
02/09/2010	406,2	5.074,9	1.070.808,6	-4.668,7	0,48	0,88
03/09/2010	13.339,5	7.959,0	1.076.189,1	5.380,5	0,73	0,39
04/09/2010	13.339,5	8.504,9	1.081.023,8	4.834,6	0,78	0,42
05/09/2010	13.560,6	7.992,8	1.086.591,6	5.567,8	0,73	0,38
06/09/2010	15.885,6	4.643,0	1.097.834,2	11.242,6	0,42	0,18
07/09/2010	28.506,3	10.793,2	1.115.547,3	17.713,1	0,96	0,24
08/09/2010	35.574,1	8.206,6	1.130.052,5	14.505,2	2,78	0,56
09/09/2010	0,0	4.023,6				
10/09/2010	0,0	4.023,6				
11/09/2010	0,0	3.598,5				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
12/09/2010	0,0	1.673,0				
13/09/2010	0,0	4.455,3				
14/09/2010	0,0	1.534,7				
15/09/2010	0,0	1.534,7				
16/09/2010	10.886,9	2.905,9				
17/09/2010	490,6	2.537,9				
18/09/2010	2.500,6	14.225,8	1.114.314,3	-15.738,2	1,69	0,46
19/09/2010	0,0	1.965,7				
20/09/2010	847,6	8.566,0	1.106.639,8	-7.674,4	0,79	0,67
21/09/2010	44,0	0,0				
22/09/2010	10.853,7	8.004,0	1.108.734,9	2.095,1	0,78	0,52
23/09/2010	0,0	754,6	1.107.980,3			
24/09/2010	10.898,6	5.488,2	1.113.390,6	5.410,3	0,49	0,33
25/09/2010	0,0					
26/09/2010	10.230,7	1.069,9	1.121.302,7	7.912,1	0,21	0,15
27/09/2010	0,0	1.248,7				
28/09/2010	7.160,6	2.131,6	1.126.331,6	5.029,0	0,19	0,18
29/09/2010	0,0					
30/09/2010	0,0					
01/10/2010	21.169,5	9.032,3	1.138.468,8	12.137,2	0,79	0,26
02/10/2010	10.173,5	6.854,2	1.140.478,7	2.009,9	0,71	0,50
03/10/2010	0,0	1.309,4				
04/10/2010	7.288,9	2.139,1	1.145.123,4	4.644,7	0,23	0,21
05/10/2010	0,0	505,1				
06/10/2010	14.576,2	8.894,6	1.150.435,6	5.312,2	0,80	0,38
07/10/2010	0,0	369,5				
08/10/2010	24.592,1	17.635,2	1.157.392,5	6.956,9	1,50	0,43
09/10/2010	3.928,5	4.133,0	1.125.000,1	-32.392,4	3,23	0,63
10/10/2010	355,2	26.724,0				
11/10/2010	0,0	5.819,2				
12/10/2010	7.712,8	67.495,8	1.055.645,2	-69.354,8	7,01	0,69
13/10/2010	536,3	4.960,5		-4.424,1		
14/10/2010	44,0	3.378,8		-3.334,8		
15/10/2010	0,0	1.812,9		-1.812,9		

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
16/10/2010	0,0	0,0		0,0		
17/10/2010	10.475,0	2.260,4	1.063.022,6	7.377,4	0,29	0,31
18/10/2010	0,0	837,2				
19/10/2010	10.507,4	2.383,5	1.070.871,8	7.849,1	0,25	0,30
20/10/2010	0,0	274,8				
21/10/2010	7.127,3	792,9	1.077.206,2	6.334,4	0,07	0,12
22/10/2010	7.127,3	792,9	1.082.431,6	5.225,4	0,18	0,28
23/10/2010	0,0	554,5				
24/10/2010	0,0	554,5				
25/10/2010	7.115,8	1.709,0	1.087.838,4	5.406,8	0,16	0,23
26/10/2010	7.115,8	2.124,7	1.092.473,5	4.635,1	0,23	0,34
27/10/2010	0,0	356,0				
28/10/2010	7.006,0	1.358,8	1.098.120,6	5.647,2	0,12	0,25
29/10/2010	7.006,0	1.358,8	1.103.767,8	5.647,2	0,12	0,25
30/10/2010	7.006,0	1.563,9	1.109.209,9	5.442,1	0,14	0,32
31/10/2010	7.227,6	1.453,8	1.113.894,0	4.684,0	0,24	0,43
01/11/2010	89,7	1.179,5				
02/11/2010	0,0					
03/11/2010	0,0					
04/11/2010	10.173,5	1.613,8	1.122.453,7	8.559,7	0,14	0,30
05/11/2010	0,0					
06/11/2010	0,0					
07/11/2010	9.219,7	1.324,9	1.130.348,5	7.894,9	0,12	0,30
08/11/2010	0,0					
09/11/2010	0,0					
10/11/2010	0,0					
11/11/2010	11.620,5	144,8	1.141.824,2	11.475,7	0,01	0,02
12/11/2010	0,0					
13/11/2010	0,0					
14/11/2010	11.943,6	1.697,8	1.152.069,9	10.245,7	0,15	0,26
15/11/2010	267,3	654,9	1.151.682,3	-387,6	0,06	0,47
16/11/2010	0,0					
17/11/2010	133,6	485,1	1.151.330,9	-351,4	0,04	0,70
18/11/2010	14.791,1	4.146,9	1.161.975,1	10.644,3	0,36	0,34

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
19/11/2010	15.499,1	6.156,5	1.171.317,8	9.342,7	0,52	0,39
20/11/2010	0,0					
21/11/2010	0,0					
22/11/2010	15.510,0	6.085,8	1.177.636,9	6.319,1	0,77	0,54
23/11/2010	0,0	3.105,0				
24/11/2010	15.468,2	5.084,0	1.185.506,8	7.869,9	0,64	0,52
25/11/2010	0,0	2.514,3				
26/11/2010	0,0					
27/11/2010	0,0					
28/11/2010	0,0					
29/11/2010	15.163,5	5.902,6	1.194.767,8	9.260,9	0,50	0,35
30/11/2010	1.114,9	3.171,5	1.192.711,1	-2.056,7	0,27	0,27
01/12/2010	15.638,3	5.888,0	1.198.152,2	5.441,1	0,84	0,54
02/12/2010	0,0	4.309,1				
03/12/2010	0,0					
04/12/2010	14.738,6	8.853,7	1.202.001,9	3.849,6	0,90	0,52
05/12/2010	0,0	2.035,2				
06/12/2010	15.026,9	5.794,9	1.208.750,5	6.748,7	0,68	0,40
07/12/2010	0,2	2.483,5				
08/12/2010	15.116,4	9.407,1	1.207.896,5	-854,0	1,33	0,76
09/12/2010	0,0	6.563,3				
10/12/2010	177,6	3.269,3	1.200.063,9	-7.832,6		
11/12/2010	44,0	2.392,4				
12/12/2010	0,0	2.392,4				
13/12/2010	37.205,1	12.353,2	1.219.949,3	19.885,4	1,44	0,42
14/12/2010	133,6	5.100,1				
15/12/2010	36.897,4	17.857,1	1.236.203,1	16.253,8	1,64	0,57
16/12/2010	0,0	2.786,5				
17/12/2010	39.295,1	7.667,6	1.267.830,6	31.627,5	0,60	0,22
18/12/2010	177,6	4.334,8	1.254.771,4	-13.059,2		
19/12/2010	851,1	3.299,8				
20/12/2010	44,0	3.203,8				
21/12/2010	133,6	1.916,6				
22/12/2010	44,0	1.554,5				

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
23/12/2010	36.823,2		1.291.594,6	36.823,2	0,00	0,00
24/12/2010	0,0					
25/12/2010	36.823,2	14.438,9	1.310.116,7	18.522,0	1,38	0,79
26/12/2010	0,0	3.862,3				
27/12/2010	39.035,4	19.807,0	1.326.142,5	16.025,9	1,71	0,79
28/12/2010	0,0	3.202,5				
29/12/2010	39.092,6	8.002,0	1.356.057,5	29.914,9	0,65	0,39
30/12/2010	0,0	914,4				
31/12/2010	0,0	261,3				
01/01/2011	0,0					
02/01/2011	0,0					
03/01/2011	0,0					
04/01/2011	37.006,4		1.393.063,9	37.006,4	0,00	0,00
05/01/2011	0,1	0,0	1.393.064,0	0,1	0,00	0,00
06/01/2011	37.006,3	12.026,6	1.413.900,3	20.836,3	1,13	0,70
07/01/2011	0,0					
08/01/2011	0,0					
09/01/2011	0,0					
10/01/2011	0,0	4.143,4				
11/01/2011	9.295,5	3.023,3	1.420.172,5	6.272,2	0,21	0,40
12/01/2011	9.698,9	4.197,3	1.423.680,2	3.507,7	0,43	0,79
13/01/2011	0,0	1.994,0				
14/01/2011	11.346,9	4.186,1	1.429.180,9	5.500,7	0,41	0,63
15/01/2011	0,0	1.660,0				
16/01/2011	11.291,2	4.241,9	1.433.280,3	4.099,4	0,50	0,78
17/01/2011	0,0	1.892,2				
18/01/2011	0,0	885,4				
19/01/2011	0,0	172,3				
20/01/2011	11.920,4	4.278,5	1.440.233,2	6.952,9	0,34	0,51
21/01/2011	0,0	689,0				
22/01/2011	0,0					
23/01/2011	11.204,6	2.576,8	1.448.065,9	7.832,7	0,23	0,44
24/01/2011	0,0	795,1				
25/01/2011	11.275,8	4.219,6	1.455.122,0	7.056,1	0,29	0,46

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
26/01/2011	133,6	1.804,4				
27/01/2011	1.937,9	9.992,2	1.445.397,0	-9.725,0	0,83	0,72
28/01/2011	1.248,5	4.666,0	1.433.960,5	-11.436,5	0,94	0,83
29/01/2011	44,0	4.022,4				
30/01/2011	541,6	1.741,4				
31/01/2011	87,9	1.451,2				
01/02/2011	0,0	798,2				
02/02/2011	0,0	679,4				
03/02/2011	0,0					
04/02/2011	0,0					
05/02/2011	11.609,7	3.902,1	1.441.668,1	7.707,6	0,27	0,42
06/02/2011	11.472,1	4.278,5	1.447.770,4	6.102,3	0,37	0,57
07/02/2011	0,0	1.091,3				
08/02/2011	11.472,1	4.165,9	1.453.771,1	6.000,6	0,37	0,60
09/02/2011	0,0	1.305,5				
10/02/2011	14.435,6	3.974,6	1.458.618,9	4.847,8	0,65	0,90
11/02/2011	0,0	2.780,9				
12/02/2011	0,0	865,4				
13/02/2011	0,0	1.966,9				
14/02/2011	311,3				0,00	0,00
15/02/2011	670,0	1.726,6	1.453.406,0	-5.212,8	0,41	0,97
16/02/2011	0,0	2.586,8				
17/02/2011	0,0	1.569,5				
18/02/2011	0,0					
19/02/2011	0,0					
20/02/2011	0,0					
21/02/2011	13.741,5	2.356,0	1.464.791,5	11.385,5	0,16	0,26
22/02/2011	15.043,1	2.024,7	1.474.167,8	9.376,3	0,38	0,56
23/02/2011	0,0	2.492,2				
24/02/2011	0,0	665,2				
25/02/2011	0,0	332,6				
26/02/2011	0,0					
27/02/2011	0,0					
28/02/2011	0,0					

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
01/03/2011	0,0	152,1				
02/03/2011	0,0					
03/03/2011	0,0					
04/03/2011	1.566,8	454,9	1.475.279,7	1.111,9	0,03	0,04
05/03/2011	902,1	188,2	1.475.538,7	259,0	0,04	0,11
06/03/2011	0,0	454,9				
07/03/2011	0,0					
08/03/2011	44,0		1.475.582,7	44,0	0,00	0,00
09/03/2011	0,0					
10/03/2011	0,0					
11/03/2011	1.966,0	4.727,3	1.472.821,3	-2.761,3	0,33	0,38
12/03/2011	7.025,2	14.477,4	1.455.865,6	-16.955,7	1,69	0,53
13/03/2011	0,0	5.672,8				
14/03/2011	177,6	2.849,1				
15/03/2011	399,2	1.558,5				
16/03/2011	355,2	827,9	1.454.698,9	-1.166,8	0,11	0,91
17/03/2011	0,0	694,0				
18/03/2011	0,0					
19/03/2011	0,0					
20/03/2011	14.217,6	872,5	1.468.044,0	13.345,1	0,06	0,14
21/03/2011	0,0					
22/03/2011	495,9	923,5	1.467.616,3	-427,6	0,06	0,50
23/03/2011	4.169,4	6.997,5	1.462.865,8	-4.750,5	0,62	0,72
24/03/2011	0,0	1.382,1				
25/03/2011	0,0	540,3				
26/03/2011	0,0					
27/03/2011	0,0					
28/03/2011	14.406,2	986,8	1.475.958,7	13.092,9	0,09	0,38
29/03/2011	0,0	326,5				
30/03/2011	13.885,2	1.343,5	1.488.378,1	12.419,4	0,10	0,38
31/03/2011	0,0	122,3				
01/04/2011	13.857,4	1.452,0	1.500.530,5	12.152,4	0,11	0,39
02/04/2011	0,0	253,0				
03/04/2011	13.783,2	881,0	1.512.553,1	12.022,6	0,12	0,40

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
04/04/2011	0,0	879,6				
05/04/2011	14.101,7	806,2	1.524.745,8	12.192,7	0,13	0,38
06/04/2011	0,0	1.102,7				
07/04/2011	14.206,8	844,4	1.536.895,6	12.149,8	0,13	0,36
08/04/2011	0,0	1.212,6				
09/04/2011	0,0					
10/04/2011	14.751,6	1.415,0	1.549.789,6	12.894,0	0,12	0,27
11/04/2011	0,0	442,6				
12/04/2011	25.000,2	2.750,5	1.572.039,3	22.249,7	0,17	0,23
13/04/2011	17.678,9	4.244,2	1.585.474,0	13.434,6	0,27	0,37
14/04/2011	20.582,0	5.424,1	1.597.852,0	12.378,0	0,51	0,50
15/04/2011	0,0	2.496,7				
16/04/2011	0,0	283,3				
17/04/2011	17.824,2	4.616,2	1.611.060,0	13.208,0	0,29	0,29
18/04/2011	17.254,5	5.133,9	1.623.180,6	12.120,6	0,32	0,30
19/04/2011	17.611,5	5.257,7	1.633.621,4	10.440,8	0,44	0,34
20/04/2011	0,0	1.913,0				
21/04/2011	175,9	28.327,6	1.594.582,7	-39.038,7	2,82	0,63
22/04/2011	6.133,7	9.057,8				
23/04/2011	1,5	5.033,7				
24/04/2011	44,0	2.974,5				
25/04/2011	355,2	435,9	1.594.139,4	-443,3	0,05	0,24
26/04/2011	0,0	362,6				
27/04/2011	12.878,9	3.446,4	1.601.727,3	7.587,8	0,34	0,36
28/04/2011	133,6	1.797,5				
29/04/2011	44,0	224,7				
30/04/2011	0,0					
01/05/2011	0,0					
02/05/2011	44,0	0,0	1.601.771,2	44,0	0,00	0,00
03/05/2011	17.875,0	2.330,7	1.617.315,5	15.544,3	0,14	0,13
04/05/2011	17.757,7	4.699,0	1.628.959,5	11.644,0	0,37	0,36
05/05/2011	0,0	1.022,4				
06/05/2011	0,0	392,3				
07/05/2011	2.727,4	852,0	1.630.483,7	1.524,2	0,08	0,10

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
08/05/2011	0,0	351,3				
09/05/2011	17524,3	3.974,6	1.644.033,3	13.549,7	0,24	0,30
10/05/2011	17.524,3	4.640,2	1.654.362,9	10.329,6	0,43	0,57
11/05/2011	0,0	2.554,5				
12/05/2011	18.433,3	4.015,4	1.664.380,4	10.017,6	0,50	0,47
13/05/2011	0,0	4.400,3				
14/05/2011	812,4	2.112,2	1.662.444,9	-1.935,6	0,20	0,25
15/05/2011	444,9	1.080,7				
16/05/2011	0,0					
17/05/2011	0,0					
18/05/2011	17.065,1	1.741,2	1.677.468,0	15.023,2	0,12	0,11
19/05/2011	0,0	300,8				
20/05/2011	0,0					
21/05/2011	0,0					
22/05/2011	0,0					
23/05/2011	17.850,5	208,8	1.695.109,7	17.641,6	0,01	0,01
24/05/2011	16.674,0	185,7	1.711.386,0	16.276,4	0,02	0,03
25/05/2011	0,0	176,6				
26/05/2011	0,0	35,3				
27/05/2011	2.243,9		1.713.629,9	2.243,9		
28/05/2011	221,6		1.713.851,5	221,6		
29/05/2011	0,0			0,0		
30/05/2011	16.674,0	1.384,5	1.727.618,3	13.766,8	0,17	0,19
31/05/2011	44,0	1.566,6				
01/06/2011	16.250,4	1.501,7	1.742.367,0	14.748,7	0,09	0,09
02/06/2011	21.484,3	6.446,4	1.752.797,1	10.430,1	0,64	0,36
03/06/2011	179,4	4.787,1				
04/06/2011	2.456,6	10.371,9	1.743.434,2	-9.362,9	0,69	0,38
05/06/2011	0,0	1.175,8				
06/06/2011	0,0	271,8				
07/06/2011	408,0		1.743.623,8	189,5	0,01	0,06
08/06/2011	0,0	218,4				
09/06/2011	0,0					
10/06/2011	1.114,9	1.484,2	1.743.254,5	-369,3	0,09	0,10

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
11/06/2011	0,0					
12/06/2011	10.068,4	285,8	1.753.037,1	9.782,6	0,02	0,02
13/06/2011	15.089,5	3.829,4	1.764.297,2	11.260,1	0,22	0,20
14/06/2011	0,0					
15/06/2011	12.575,9	3.707,2	1.768.443,6	4.146,4	0,47	0,44
16/06/2011	0,0	4.722,2				
17/06/2011	11.099,5	1.086,8	1.778.456,4	10.012,8	0,06	0,06
18/06/2011	11.099,5	2.029,2	1.787.526,7	9.070,3	0,11	0,12
19/06/2011	11.443,2	2.942,0	1.796.027,9	8.501,2	0,17	0,16
20/06/2011	18.087,0	6.068,1	1.808.046,7	12.018,9	0,33	0,29
21/06/2011	11.025,3	3.545,1	1.815.526,9	7.480,2	0,19	0,25
22/06/2011	10.867,6	4.881,8	1.820.707,2	5.180,3	0,31	0,40
23/06/2011	0,0	805,5				
24/06/2011	0,0					
25/06/2011	20.034,8	7.688,9	1.833.053,1	12.345,9	0,42	0,26
26/06/2011	18.002,7	7.567,4	1.843.488,4	10.435,3	0,41	0,29
27/06/2011	17.002,5	7.486,3	1.853.004,6	9.516,3	0,40	0,31
28/06/2011	15.234,8	1.167,9	1.867.071,6	14.066,9	0,06	0,05
29/06/2011	13.277,7	4.905,8	1.875.443,5	8.371,9	0,26	0,25
30/06/2011	13.523,5	7.902,7	1.881.064,2	5.620,7	0,42	0,38
01/07/2011	11.993,1	11.025,7	1.882.031,6	967,4	0,58	0,53
02/07/2011	11.730,3	11.413,9	1.882.347,9	316,3	0,60	0,56
03/07/2011	11.774,2	10.432,9	1.883.689,2	1.341,3	0,55	0,53
04/07/2011	12.201,6	8.893,2	1.886.997,5	3.308,4	0,47	0,38
05/07/2011	9.869,0	8.859,5	1.888.007,1	1.009,5	0,47	0,53
06/07/2011	11.714,8	5.304,5	1.894.417,4	6.410,3	0,28	0,26
07/07/2011	11.850,2	6.108,9	1.900.158,7	5.741,3	0,32	0,29
08/07/2011	11.390,8	6.358,0	1.905.191,5	5.032,8	0,33	0,29
09/07/2011	11.612,8	4.958,9	1.911.845,4	6.653,9	0,26	0,23
10/07/2011	11.612,8	5.344,1	1.918.114,1	6.268,7	0,28	0,26
11/07/2011	13.092,2	5.061,7	1.926.144,6	8.030,5	0,26	0,22
12/07/2011	12.034,8	9.219,6	1.928.959,8	2.815,2	0,48	0,41
13/07/2011	9.476,4	5.760,0	1.932.676,1	3.716,3	0,30	0,32
14/07/2011	14.356,7	10.891,4	1.936.141,4	3.465,3	0,56	0,35

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
15/07/2011	11.547,1	5.212,9	1.942.475,6	6.334,2	0,27	0,23
16/07/2011	11.547,1	6.563,9	1.947.458,7	4.983,2	0,34	0,30
17/07/2011	0,0					
18/07/2011	11.847,7	1.210,9	1.947.458,7	10.636,9	0,06	0,06
19/07/2011	11.288,1	1.196,4	1.957.550,4	10.091,7	0,06	0,06
20/07/2011	11.288,1	1.408,0	1.967.430,5	9.880,1	0,07	0,07
21/07/2011	13.633,2	5.859,5	1.975.204,3	7.773,8	0,30	0,24
22/07/2011	12.160,5	1.210,9	1.986.154,0	10.949,7	0,06	0,05
23/07/2011	12.267,0	4.278,4	1.994.142,6	7.988,6	0,21	0,19
24/07/2011	12.054,0	5.160,2	2.001.036,4	6.893,8	0,26	0,24
25/07/2011	12.480,0	5.563,3	2.007.953,1	6.916,7	0,28	0,25
26/07/2011	15.587,3	5.593,9	2.017.946,5	9.993,3	0,28	0,19
27/07/2011	27.747,3	6.658,4	2.039.035,3	21.088,9	0,33	0,13
28/07/2011	26.638,9	13.715,8	2.051.958,4	12.923,0	0,66	0,26
29/07/2011	400,9	13.851,8	2.030.941,1	-21.017,2	1,10	0,98
30/07/2011	801,9	8.368,3				
31/07/2011	28.194,7	9.969,7	2.049.166,1	18.225,0	0,48	0,17
01/08/2011	28.019,3	13.890,6	2.063.294,9	14.128,7	0,67	0,19
02/08/2011	28.034,8	13.744,3	2.077.585,4	14.290,5	0,66	0,19
03/08/2011	12.738,2	13.451,7	2.076.871,9	-713,5	0,64	0,41
04/08/2011	10.999,0	11.887,0	2.075.984,0	-887,9	0,57	0,42
05/08/2011	11.082,5	13.350,4	2.073.716,1	-2.267,8	0,64	0,47
06/08/2011	11.073,2	12.122,9	2.072.666,4	-1.049,7	0,58	0,44
07/08/2011	10.876,9	10.174,3	2.069.689,0	-2.977,5	0,66	0,52
08/08/2011	0,0	3.680,1				
09/08/2011	0,0					
10/08/2011	12.605,2	3.470,2	2.078.823,9	9.135,0	0,17	0,12
11/08/2011	23.947,5	12.281,1	2.090.490,3	11.666,4	0,58	0,22
12/08/2011	12.425,9	16.117,3	2.086.798,9	-3.691,4	0,77	0,56
13/08/2011	10.461,1	14.317,9	2.082.942,2	-3.856,8	0,68	0,60
14/08/2011	8.851,8	11.501,8	2.080.292,2	-2.650,0	0,55	0,56
15/08/2011	8.851,8	8.049,2	2.081.094,8	802,6	0,39	0,40
16/08/2011	9.065,1	6.633,1	2.083.526,8	2.432,0	0,32	0,33
17/08/2011	9.562,9	7.042,8	2.086.046,9	2.520,1	0,34	0,33

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

Fecha	Entradas Cl ⁻ (mg)	Salidas Cl ⁻ (mg)	Cl ⁻ acumulado (mg)	Cl ⁻ acumulado en este evento (mg)	SR ⁺ Cl ⁻ sale /(Cl ⁻ contenido + Cl ⁻ entra)	DR ⁺ : G/E
18/08/2011	9.043,5	7.290,6	2.087.799,8	1.752,9	0,35	0,36
19/08/2011	8.935,3	7.072,7	2.089.662,3	1.862,5	0,34	0,36
20/08/2011	9.077,5	6.864,3	2.091.875,5	2.213,2	0,33	0,34
21/08/2011	9.058,9	6.428,1	2.094.506,3	2.630,8	0,31	0,35
22/08/2011	9.058,9	7.390,2	2.096.175,0	1.668,7	0,35	0,36
23/08/2011	9.058,9	7.117,9	2.098.116,0	1.941,0	0,34	0,35
24/08/2011	9.058,9	7.482,8	2.099.692,2	1.576,2	0,36	0,36
25/08/2011	9.058,9	6.594,5	2.102.156,7	2.464,5	0,31	0,33
26/08/2011	9.058,9	6.723,4	2.104.492,2	2.335,6	0,32	0,33
27/08/2011	9.058,9	7.090,6	2.106.460,5	1.968,3	0,34	0,35
28/08/2011	9.058,9	7.058,1	2.108.461,4	2.000,8	0,33	0,34
29/08/2011	9.225,9	7.322,1	2.110.365,2	1.903,8	0,35	0,35
30/08/2011	9.058,9	7.354,6	2.112.069,5	1.704,3	0,35	0,36
31/08/2011	9.037,3	6.944,0	2.114.162,8	2.093,3	0,33	0,34
01/09/2011	8.910,5	7.920,0	2.115.153,4	990,6	0,37	0,39
02/09/2011	8.888,9	7.525,5	2.116.516,8	1.363,4	0,35	0,37
03/09/2011	8.873,4	8.231,4	2.116.513,4	-3,3	0,42	0,40
04/09/2011	0,0	645,4				
05/09/2011	0,0					
06/09/2011	7.380,1		2.123.893,5	7.380,1	0,00	0,00
07/09/2011	0,0					
08/09/2011	0,0					
09/09/2011	15.468,2	1.317,0	2.138.044,7	14.151,2	0,06	0,04
10/09/2011	0,0					
11/09/2011	0,0					
12/09/2011	18.312,7	3.450,0	2.139.379,1	1.334,4	0,79	0,25
13/09/2011	0,0	13.528,3				
14/09/2011	0,0					
15/09/2011	28.110,6	13.091,9	2.154.397,7	15.018,6	0,60	0,13
16/09/2011	28.305,3	18.235,2	2.150.908,4	-3.489,4	1,48	0,32
17/09/2011	0,0	13.559,5				
18/09/2011	0,0					
19/09/2011	0,0					
20/09/2011	18.587,8	9.014,3	2.156.965,3	6.056,9	0,58	0,21

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

<i>Fecha</i>	<i>Entradas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Salidas Cl⁻ (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado (mg)</i>	<i>Cl⁻ acumulado en este evento (mg)</i>	<i>SR⁺ Cl⁻ sale /(Cl⁻ contenido + Cl⁻ entra)</i>	<i>DR⁺: G/E</i>
21/09/2011	0,0	3.516,6				
22/09/2011	0,0					

⁺ Datos en azul corresponden a precipitaciones

G. Propiedades fisicoquímicas del agua de riego

Tabla G.1 Propiedades fisicoquímicas del agua de riego

<i>Fecha</i>	<i>Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)</i>	<i>Cloruro (mg/L)</i>	<i>Nitrato (mg/L)</i>	<i>Sulfato (mg/L)</i>
26/01/2009	764	43,20	19,96	223,05
02/02/2009		43,71	19,8	224,58
16/02/2009	722	43,17	19,5	223,52
02/03/2009		41,95	17,69	219,54
09/04/2009		42,59	17,47	223,53
06/05/2009	743	43,57	19,33	230,6
12/06/2009	712	45,67	17,86	240,23
30/07/2009	790	46,26	17,74	245,16
18/08/2009		46,39	19,14	242,54
19/09/2009	751	47,22	21,09	240,59
22/10/2009	741	46,48	31,95	228,5
13/11/2009	588			
18/03/2010		42,56		223,99
07/04/2010	692			
PROMEDIO	722,6	44,40	20,14	230,49